Algumas razões para ser um cientista

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Luiz Inácio Lula da Silva

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Sergio Machado Rezende

SUBSECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DE UNIDADES DE PESQUISA
Avílio Antônio Franco

DIRETOR DO CBPF
Ricardo Magnus Osório Galvão

COORDENADORES CIENTÍFICOS
Ricardo Magnus Osório Galvão e Ronald Cintra Shellard

EDIÇÃO DE TEXTO
Carolina Cronemberger

REVISÃO DE TEXTO
Márcia Reis

ILUSTRAÇÕES
Mario Bag

PROJETO GRÁFICO e DIAGRAMAÇÃO
Ampersand Comunicação Gráfica

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290-180 – Rio de Janeiro – RJ
Tel: (0xx21) 2141-7100
Fax: (0xx21) 2141-7400
Internet: http://www.cbpf.br

Para receber gratuitamente pelo correio um exemplar desta publicação, envie pedido com seu nome e endereço para mreis@cbpf.br.

Agradecimentos: The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) - Trieste, Itália pela permissão para traduzir o livro “ One hundred reasons to be a scientist”

CBPF

Centro Brasileiro de
Pesquisas Físicas

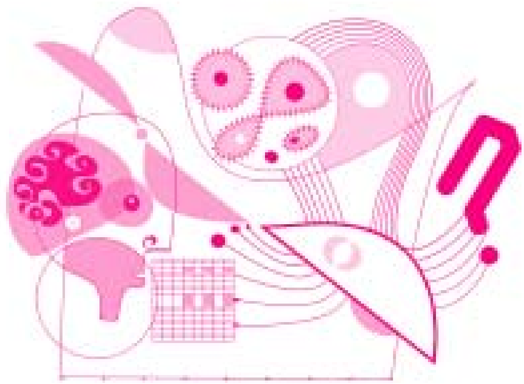
SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Por ocasião de seu 40º aniversário, o Centro Internacional de Física Teórica (ICTP) – instituição fundada pelo Professor Abdus Salam, em 1964, com o objetivo de estimular a cooperação científica nas áreas de Física e Matemática entre países desenvolvidos e não-desenvolvidos – reuniu em publicação intitulada *One hundred reasons to be a scientist (Cem razões para ser um cientista)* depoimentos de cem cientistas das áreas de Física e Matemática sobre as razões que os teriam despertado para a carreira científica, assim como o que os levava a perseverar em um caminho, às vezes, pelas razões mais diversas, um tanto árduo, mas certamente compensatório do ponto de vista pessoal e estimulante pela possibilidade de contribuir para a melhoria das condições gerais de vida da humanidade.

O que os testemunhos nos mostram é que, antes de grandes cientistas, são homens e mulheres com uma grande ânsia pelo conhecimento. Uma tendência natural, o estímulo familiar e/ou condições favoráveis constituíram fatores que, separadamente ou em conjunto, certamente foram decisivos para suas escolhas e seu sucesso. No entanto, seus relatos deixam claro que o acesso a um sistema educacional bem estruturado, que vise promover o espírito de investigação e permita o desenvolvimento das capacidades naturais do aluno, é fundamental na consolidação de uma carreira científica, e, por conseqüência, de um sistema de ciência e tecnologia sólido em qualquer país.

Ciente disto, e com o objetivo de levar para mais perto da população as atividades científicas desenvolvidas nas instituições de ensino e pesquisa do país, o Ministério da Ciência e Tecnologia instituiu em 2004 a *Semana*



Nacional de Ciência e Tecnologia. Equipamentos e experimentos, "velhos" cientistas e cientistas em formação ocuparam praças, parques, estações de trem - e os próprios trens – e terminais de ônibus, mostrando que são pessoas como quaisquer outras e que seu trabalho, longe de ser algo distante da realidade, faz parte dela, visa a compreendê-la e se realiza plenamente quando obtêm resultados que promovem benefícios para o homem.

Com o objetivo de levar alguns destes testemunhos a um público maior e, quem sabe, despertar novas vocações, na ocasião em que a realização da *IIª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia* coincide com a celebração do Ano Mundial da Física, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas traz a público ***"Algumas razões para ser um cientista",*** que reúne traduções dos depoimentos de alguns dos físicos presentes na publicação do ICTP, com os de alguns expoentes brasileiros na pesquisa em Física, elaborados com base em entrevistas realizadas por Carolina Cronemberger, estudante de Doutorado do CBPF.

Gostaríamos de agradecer a contribuição de todos para a realização desse projeto, em especial os Professores Elisa Frota-Pessôa, Marcelo Gleiser, José Leite Lopes, Belita Koiller, Roberto Salmeron, Jayme Tiomno, Constantino Tsallis e, o Excelentíssimo Ministro da Ciência e Tecnologia, Sérgio Rezende, por acolherem o projeto com entusiasmo e nos permitirem conhecer um pouco mais sobre como nascem os cientistas, em um país que ainda tem muito a evoluir nesta área. Esperamos que este livro permita a alguns jovens descobrirem a sua razão para vir a ser um cientista.

Rio de Janeiro, Outubro 2005
Ricardo Galvão

Dos elementos do rádio à física das partículas elementares



Stephen L. Adler

Instituto para Estudos Avançados

Princeton | NJ | EUA

Eu nasci em 1939 na cidade de Nova Iorque, sendo meus pais Irving e Ruth Relis Adler. Meu pai era professor de matemática e minha mãe também era licenciada em matemática. Minha educação foi direcionada para a ciência desde cedo por meus pais. Quando tinha dois anos, meu pai construiu para mim uma caixa dispositiva feita de peças eletrônicas e, ao mesmo tempo, minha mãe fez para mim uma versão caseira do livro "*Pat the Bunny*", com cada página contendo uma operação tátil ou manual para eu desempenhar. Quando estava mais velho, meu pai construía para mim brinquedos elétricos como telégrafos, "um alarme para ladrão" que tocava uma campainha quando a porta era aberta e uma miniatura de sinais de trânsito. Nós também nos engajamos em atividades naturais, como colecionar cobras e borboletas. Na idade de oito anos, participei de um curso de astronomia para jovens no Museu de História Natural de NY, e a minha fascinação pelos fósseis que vi nesse museu me levou a pensar brevemente em ser um paleontólogo, porém, este meu interesse acabou rapidamente.

O caminho para minha atual carreira começou na sexta série, quando discutia com um colega de classe sobre rádio e fui visitá-lo em casa, descobrindo seus equipamentos e brinquedos. Desenvolvi um interesse sério pela

eletricidade, rádio e eletrônica, quando ainda estava no ensino fundamental. Construí vários aparelhos elétricos, como motores elétricos com rotores feitos de lâminas cortadas de latas e, imãs permanentes de estatores tirados de alto-falantes. Tenho um desses, até hoje, no meu armário no Instituto de Estudos Avançados. Com o estímulo de meu pai, li Marcus e o seu texto clássico da segunda guerra mundial "Elementos do Rádio". Meu pai conseguiu tornar-me o *expert* da família em rádio, enquanto ele ficava como consultor sobre os pequenos detalhes do texto. Também por sugestão do meu pai, comecei a solicitar da vizinhança – batendo de porta a porta, empurrando um carrinho – velhos rádios, aparelhos e televisões que as pessoas planejavam jogar fora. Desmontava esses aparelhos e usava as partes para construir rádios, amplificadores e, até mesmo, um osciloscópio, usando um tubo de televisão de sete polegadas. Aprendi também o suficiente de código Morse para conseguir uma licença de técnico de rádio amador. Entretanto, a atividade de rádio amador não me interessava tanto quanto a construção de equipamentos eletrônicos, a qual continuei através de vários projetos no ensino médio.

Devido a essa exposição da eletrônica, seria natural para mim, seguir carreira em engenharia elétrica, mas nos primeiros anos do meu ensino médio, tive um primeiro vislumbre do fascinante mundo da pesquisa em física de altas energias. Por dois verões, minha família tirou férias num parque estadual perto de *Ithaca*, *NY*, e Phillip Morrison, um velho amigo de meu pai, fez uma visita conosco ao Laboratório de Física de Cornell, onde Robert Wilson construiu uma sucessão de aceleradores de partículas. Eu gostei do ambiente desses laboratórios e fiquei impressionado com o fato de que, se eu seguisse a física como uma carreira, iria aprender e usar eletrônica, mas não necessariamente o contrário. No primeiro ano do ensino médio, decidi que seria um físico experimental.

Minha primeira experiência em pesquisa física em laboratório aconteceu no fim do meu último ano do colégio, quando assisti um curso de duas semanas sobre as técnicas de difração de raios-X para engenheiros industriais, ministrado no *Brooklyn Polytechnic Institute* por Isadore Fankuchen, que levava freqüentemente alunos do ensino médio considerados brilhan-

tes para suas aulas. Consegui fazer todo o trabalho teórico e experimental, tendo aprendido muitas coisas, como a estrutura da rede de cristais e a transformação de Fourier, que são instrumentos padrões da física. Imediatamente após, consegui um emprego de verão no *Bell Labs* em *Manhattan*, em companhia de oito outros alunos de iniciação científica. Alguns deles já tinham aprendido cálculo, o que me motivou a aprender, por conta própria, esta matéria ainda naquele verão.

Meu pai me deu seu velho livro de cálculo, junto com o sábio conselho de fazer todos os problemas de número três – eu tinha que resolver muitos problemas para aprender a matéria, mas não tinha tempo para tentar fazer todos eles, o que também seria bastante entediante. Usei todo meu tempo livre e as horas vagas no trabalho resolvendo problemas de cálculo. Quando entrei em *Harvard* no outono, pude cursar diretamente Cálculo Avançado, o que acabou acelerando a minha formação em física.

Entrei na faculdade pretendendo ser um físico experimental, mas minhas amizades com vários colegas de classe, dentre eles Daniel Quillen (futuro medalha Fields), me levaram a me interessar pela matemática. Descobri que eu era muito bom em teoria, mas apesar de ser competente no laboratório, faltava-me o toque do talento experimental. Então, no meio do meu primeiro ano, decidi mudar meu enfoque de física experimental para teórica. Junto com Fred Goldhaber, que veio a ser meu primeiro colega de quarto na pós-graduação em *Princeton*, cursei praticamente todos os cur-



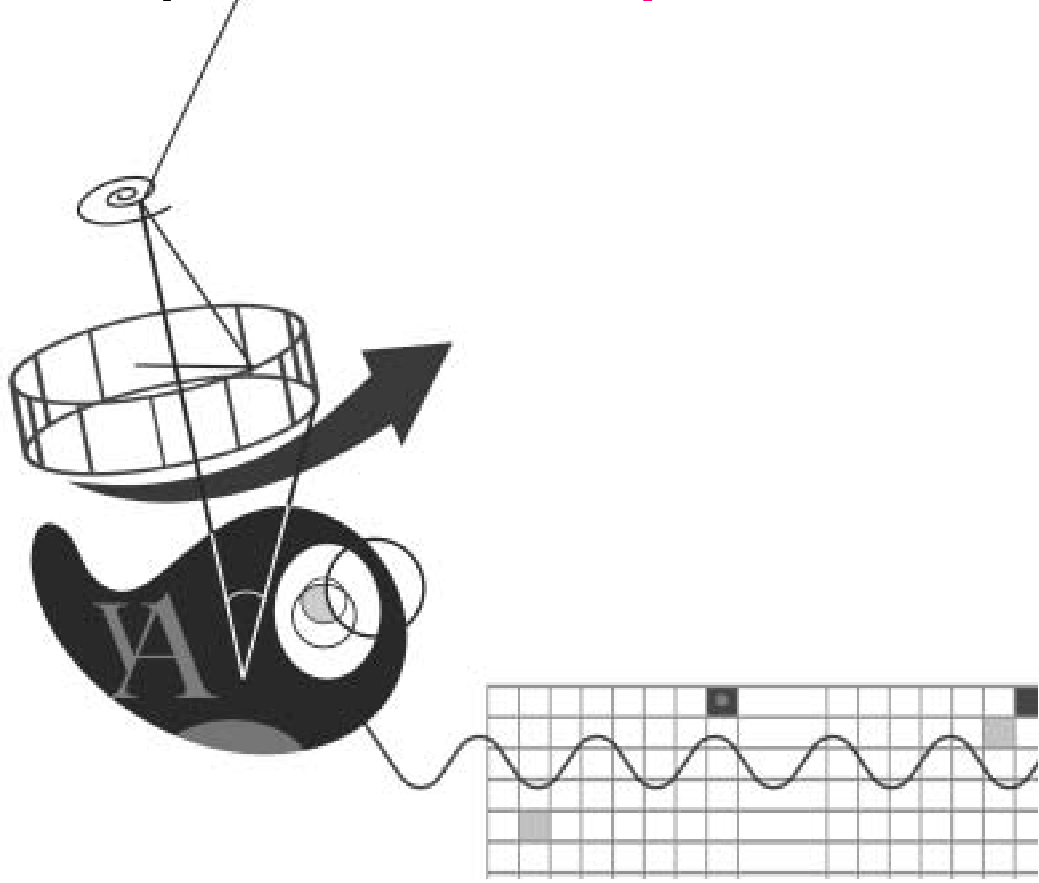
sos do *curriculum* da pós-graduação em *Harvard* durante os anos júnior e o sênior. Tive professores memoráveis em *Harvard*, como Ed Purcell, Frank Pipkin, Paul Martin e, Julian Schwinger. Como conseqüência dessa minha preparação em *Harvard*, em *Princeton* pude realizar os Exames Gerais já no final do primeiro ano e, então, começar a pesquisa de tese com Sam Treiman, ainda no início do segundo ano.

Treiman sugeriu que eu procurasse fazer cálculos na área emergente dos experimentos de aceleradores de neutrinos, e esse foi o início da minha carreira em física de altas energias. A maior parte do trabalho da minha tese foi um cálculo da produção de píons provenientes da interação de núcleons (prótons ou nêutrons) com um feixe de neutrinos. Apesar de este ter sido um longo e tedioso projeto, me deu uma boa introdução com relação às correntes de vetor e de "vetor-axial", através das quais os neutrinos interagem com os núcleons. O conhecimento que adquiri então ultrapassou o meu projeto de tese, sendo o fundamento para a minha contribuição científica mais importante durante o período de 1964 até 1972, que está ligado, de certo modo, à descoberta de futuros resultados conectados à corrente vetorial e à de vetor-axial. Isto incluiu vários teoremas de física de baixas energias para a emissão de píons, conseqüência da hipotética "conservação parcial" da corrente vetor-axial, muitas regras de soma, incluindo a regra de soma de Adler-Weisberger para o acoplamento de vetores axiais com núcleons e uma regra de soma para as seções de choque do espalhamento de neutrinos profundamente inelástico em altas energias, assim como a co-descoberta (com Bell e Jackiw) das propriedades de divergência irregular da corrente vetor-axial. A análise teórica das irregularidades leva a um entendimento mais profundo do decaimento píon neutro em raios gama, fornecendo uma das primeiras evidências para o fato de que cada quark vem em três variedades (atualmente conhecidas com cores), e tem tido várias outras conseqüências para a física teórica nos últimos trinta e cinco anos.

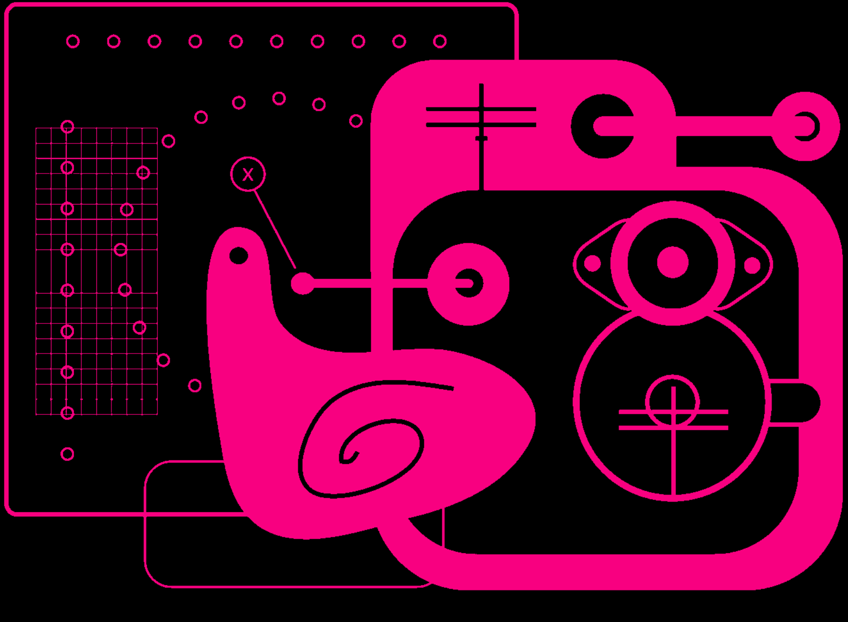
Desde 1972, venho trabalhando diversos outros tópicos teóricos dentro da física de altas energias, incluindo a fenomenologia de correntes neutras, processos envolvendo campos eletromagnéticos intensos (como a divisão de fótons perto de pulsares) e métodos de aceleração para algoritmos de

simulação Monte Carlo. Durante os últimos vinte anos, tenho dedicado cerca da metade do meu tempo de pesquisa estudando... Parte desse trabalho envolve um estudo detalhado da mecânica quântica, na qual quatérnions substituem os usuais números complexos. Outro aspecto mais recente tem envolvido o estudo de uma possível mecânica pré-quântica, baseada nas propriedades dos traços de uma matriz, da qual a mecânica quântica pode emergir como uma forma de termodinâmica. Escrevi livros descrevendo ambos os estudos. Nos próximos anos, pretendo retornar à minha área original de fenomenologia de partículas, no contexto dos modelos supersimétricos, que visam a uma futura unificação das partículas elementares e das forças que atuam sobre elas.

Tradução Murilo Santana Rangel



Vivendo com a física



13

Michael Berry

Universidade de Bristol

Bristol | Reino Unido

Quem tiver contato com a ciência por meio de televisão poderá ter a impressão de que se trata de uma atividade estranha, bem distante do que interessa à maioria das pessoas. Entretanto, a ciência está bem à mão, pois o mundo é que é interligado de formas estranhas e maravilhosas. Pensem assim: muitos de vocês têm um toca - CD. Você pode carregá-lo quando quiser – na praia, numa montanha, através de florestas, desertos, até no pólo sul e escuta música reproduzida quase perfeitamente. Isso nunca antes foi possível ao longo de toda história humana. Em séculos anteriores, se você quisesse ouvir música, ela teria que ser tocada ao vivo, mas agora temos essa liberdade fantástica de qualquer um poder compartilhar esta experiência em qualquer parte do mundo. De certo modo, é o máximo de democracia: torna acessível para muitos o que antes só podia ser apreciado por alguns. Como foi que isso veio a ocorrer? Por estranho que pareça, graças ao sonho de um físico.

Dentro de cada toca - CD existe um laser. Sua luz é refletida pelas irregularidades do disco e a eletrônica converte este sinal luminoso em som. O laser não foi descoberto acidentalmente. Ele foi *projetado*, a partir do nosso *conhecimento,* de ondas e partículas de luz, contido na *física*

quântica. Esta codifica nosso conhecimento mais profundo acerca do estranho e minúsculo universo dentro dos átomos e ainda mais adentro. O laser opera segundo um princípio descoberto por Einstein há quase cem anos atrás. Era teoria pura – o resultado de sonhar acordado. Só que ele nunca poderia ter sonhado que cinqüenta anos depois outros cientistas aplicariam seu princípio para criar uma nova forma de luz pura e brilhante.

Ninguém poderia prever que engenheiros usassem pequenos lasers para ler música. Não são apenas os lasers: os circuitos eletrônicos que convertem o sinal luminoso em música contêm milhões de transistores – outro dispositivo projetado a partir da física quântica. E não são só os físicos e engenheiros. Desenvolver o perfil dos CD's de forma a representar a música, requer matemática: aritmética, trigonometria, álgebra – todas aquelas disciplinas que pessoas, que deveriam saber melhor, perguntam se têm qualquer utilidade.

É claro que não são só os toca - CD. Todo supermercado tem um laser para ler código de barra e todo telefone portátil tem milhões de transistores. O ponto que enfatizo é que essas são *máquinas de física quântica* que utilizam idéias das mais abstratas em aplicações práticas que usamos todos os dias.

Sou um físico teórico, trabalhando na parte abstrata dessa cadeia de conexões – um sonhador e um rabiscador, principalmente, no contexto de matemática. É um erro pensar que só matemáticos fazem matemática. Às vezes em física você precisa de matemática que ainda não foi inventada. Então criamos a nossa própria e os matemáticos vêm depois e botam a casa em ordem. É claro que também acontece o reverso – precisamos fazer um tipo novo de conta e aí descobrimos que cem anos antes matemáticos nos anteciparam, num contexto de pensamento puro que eles nunca imaginaram ter alguma utilidade. É a história do laser de novo. Seu trabalho trata de ondas de luz, na água, na física quântica e outros tipos de onda. O que me excita são as conexões – tentar entender por que as imagens em telescópio perdem a nitidez e aí verificar que se está explicando a maneira que as linhas luminosas dançam no fundo das piscinas.

É uma boa vida e me satisfaz porque não sou uma pessoa muito competitiva. Isso pode parecer estranho, de novo por causa da imagem popular, propagada pelos meios de comunicação, dos cientistas em uma competição mortal, lutando para publicar suas descobertas antes dos outros e brigando por verbas de pesquisa. Como em qualquer atividade humana, isso às vezes acontece, mas ao longo de todos os meus anos como cientista, encontrei quase sempre o oposto: em vez de competição, cooperação amigável, compartilhando os resultados. Isso não se deve aos cientistas serem melhores do que as outras pessoas: em nossas vidas privadas não somos diferentes dos outros. Nós cooperamos simplesmente porque os modos de funcionamento de natureza ficam tão sutilmente ocultados que nenhum pesquisador, ou pesquisadora individual pode descobri-los sozinho. Somos muito mais espertos em conjunto do que separadamente, portanto faz sentido cooperar e essa cooperação atravessa culturas, nações, raças e religiões. Esteja eu na Grã-Bretanha, na América, África, China, Líbano ou Israel, há comunicação e compreensão imediatas (ainda bem que todos os cientistas falam inglês).



Quando comecei, eu não fazia a menor idéia acerca disso tudo – o sonho, as conexões, as viagens e a colaboração. Na minha família só um primo recebera educação além dos dezesseis anos. Não era uma família nem rica, nem feliz. Meu pai, que era um motorista de táxi, era um homem violento e minha mãe estragou sua visão costurando para compensar o dinheiro que ele perdia com o jogo. Tive a sorte de nascer numa sociedade na qual não era necessário ser rico para receber uma boa educação. É essa a chave: educação.

Escrevi acima “pesquisador ou pesquisadora”. Metade das crianças do mundo são meninas. Por que é que uma fração tão grande do seu talento é desperdiçada? Tenho algo a dizer a respeito disso. Primeiro, existe uma imagem da ciência como uma atividade masculina. Está errado. Mencionei que a cooperação tem a primazia sobre a competição. Tradicionalmente esta é uma característica mais feminina do que masculina.

Também existe essa imagem da ciência como uma enorme parafernália: brinquedos para meninos. Bem, eu gosto de cozinhar e tenho o prazer de ter um colega que estude a ciência do cozinhar – ele chama de gastronomia molecular. É a aplicação de física e química ao que se chama “matéria condensada suave”. Este amigo está colaborando com um grande cozinheiro, um chefe, para criar novos pratos maravilhosos – por exemplo, um sorvete instantâneo perfeito, produzido ao submergir-se a mistura em nitrogênio líquido.

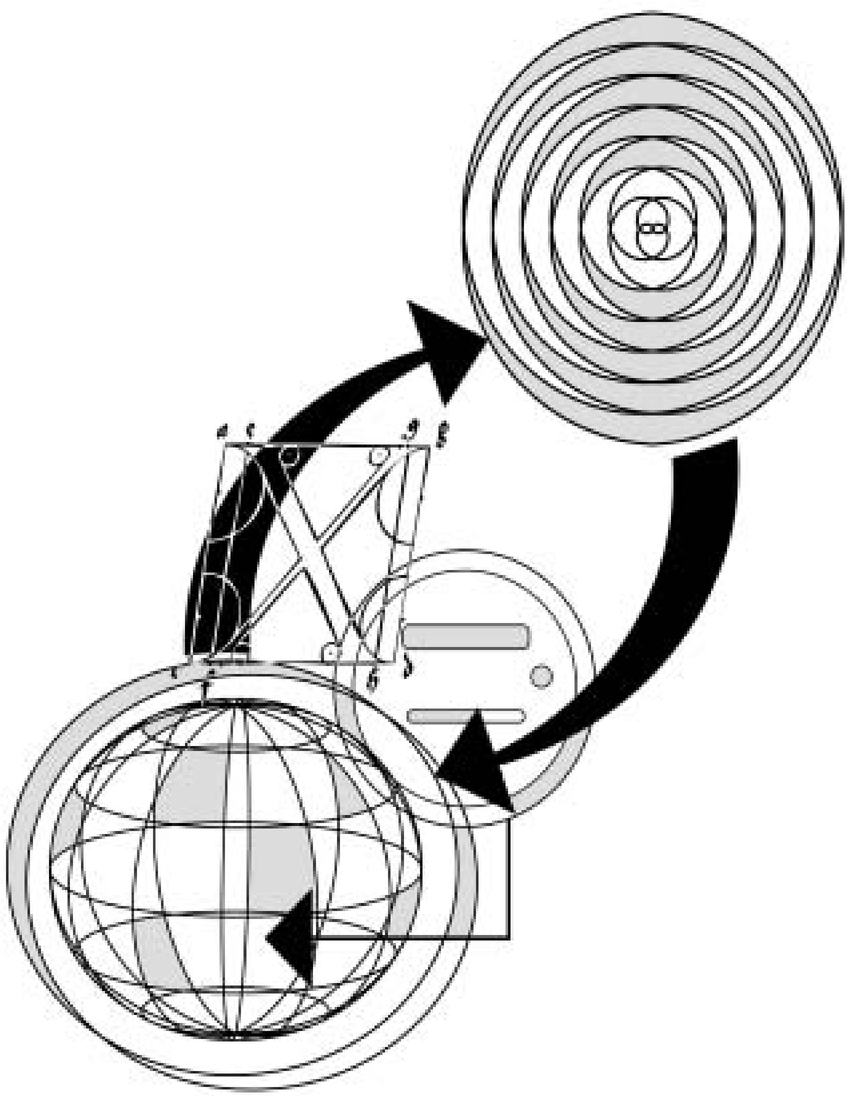
De novo, existe a opinião sinistra de que fica difícil ser uma cientista e cuidar de uma família ao mesmo tempo. Minha esposa é uma bióloga que trabalha no Hospital Oftalmológico tentando entender a deprimente doença dos olhos secos. Ela ainda estava estudando quando nossos filhos nasceram e, então, durante os primeiros dezoito meses de suas vidas, eu cuidei deles na minha sala de trabalho. Foi uma experiência interessante, nada comum para um homem e que muito me ensinou (sobre a tecnologia liberalizante de fraldas descartáveis, por exemplo).

Estas coisas estão mudando. No ano passado participei de duas comissões. Uma era incumbida de conferir o prêmio principal da Grã-Bretanha por pesquisa em matemática. Após cento e cinqüenta anos, foi a primeira vez que foi levado por uma mulher. A outra comissão oferece bolsas-prêmio para os seis mais brilhantes jovens matemáticos da Europa. Os dois primeiros lugares foram para mulheres. Na Grã- Bretanha, as melhores posições para jovens cientistas em todas as áreas são as da Real Sociedade de Londres – é a nossa Academia de Ciências. São algumas centenas de bolsas a cada ano. No ano passado, muitas delas foram para mulheres. Está tudo mudando.

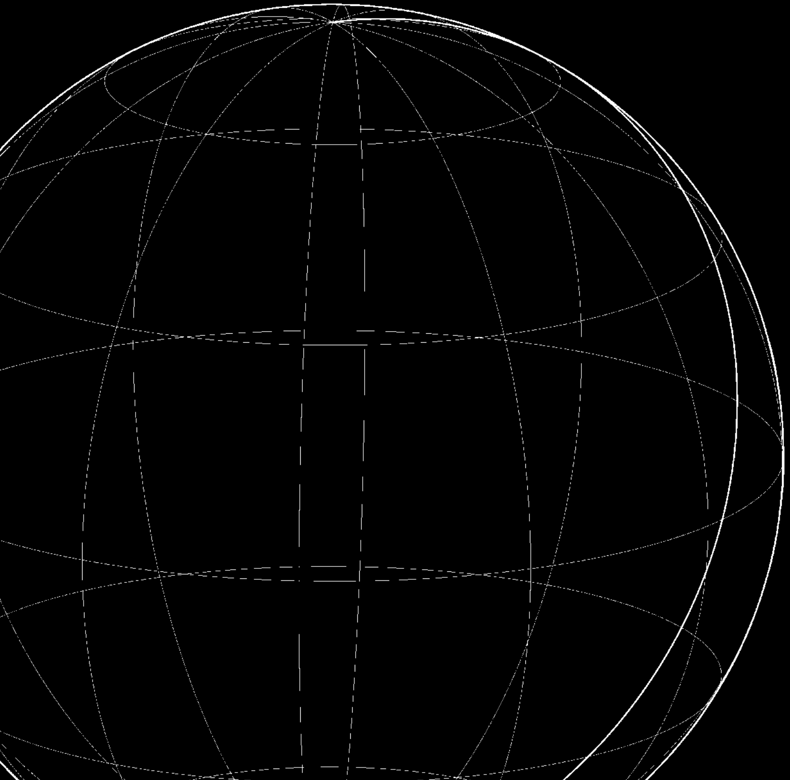
MICHAEL BERRY

"O barato" da descoberta científica é o conhecimento interior que dela derivamos, a satisfação silenciosa com algo compreendido. Na ciência, ao se descobrir alguma coisa nova, mesmo que pequena, você flutua numa nuvem por alguns dias. É isso que me delicia.

Tradução Alfredo Miguel Ozorio de Almeida



Cientistas nascem a todo minuto



19

James W. Cronin

Instituto Enrico Fermi
Universidade de Chicago

Chicago | IL | EUA

Há muitas histórias contadas por cientistas bem sucedidos que são comoventes, pois grandes dificuldades tiveram que ser superadas, ou por conta de um regime abusivo, ou um sistema educacional tentando sobreviver em um país empobrecido, ou por conta dos sistemas de escolas "separadas, mas iguais", como nos Estados Unidos. Eu creio que em qualquer lugar do mundo há potenciais cientistas nascidos a todo minuto. Nós os perdemos por conta da falta de oportunidade, ou pelo desencorajamento deliberado, especialmente no caso de mulheres em muitos países. O Centro Internacional para a Física Teórica (ICTP) é uma instituição que tenta superar as enormes disparidades no acesso à ciência pura. Eu nunca me esquecerei da afirmação de um ex-diretor do ICTP, Miguel Virasoro: "a oportunidade de participar da ciência pura é um direito humano básico!".

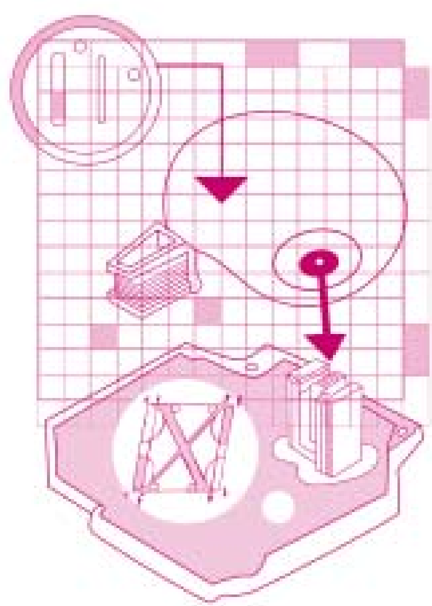
É com estes alertas que lembro de minha experiência em tornar-me um cientista. Eu nasci numa família de professores universitários, não ricos, mas com um padrão de vida confortável. Meu pai era professor de línguas clássicas na Universidade Metodista do Sul (SMU) em Dallas, Texas. Vivíamos numa vizinhança afluente com um sistema educacional excelente, desde que se fosse branco. Suponho que eu já tivesse um interesse em ciênci-

as como parte de minha natureza, assim como muitos outros colegas. Tínhamos "kits" de química e construíamos rádios a válvula (cristal). Com este tipo de interesse teria sido natural estudar engenharia, quando se chegasse à universidade.

Meu interesse pela física foi estimulado por um extraordinário professor que tive na escola de Highland Park. Suas aulas tinham fama de serem muito difíceis. Consciente ou inconscientemente, ele assustava todas as garotas. O Sr. Marshall demonstrou para nós que a física era uma ciência experimental e havia muito trabalho de laboratório no seu curso.

A propósito, sugiro que o ICTP poderia pensar em ampliar seu foco para a física experimental, pois pode-se ter certeza de que a todo minuto em qualquer parte do mundo potenciais cientistas experimentais nascem, assim como os cientistas teóricos.

Vou dar dois exemplos das aulas do Sr. Marshall. Ele exigiu que construíssemos um motor elétrico, encontrando as partes em ferros-velho ou lojas de segunda-mão. O motor tinha que ter uma parte que rodasse quando um potencial de seis volts fosse aplicado. A variedade de soluções criativas que foram realizadas foi memorável. O segundo projeto foi construir um transformador que servisse para reduzir a tensão AC de 120 volts para saídas de 12 volts, 6 volts e 3 volts. Adicionalmente, o transformador tinha que agüentar uma carga que consumisse 10 watts. A maioria de nós foi a lojas de quinquilharias para conseguir um núcleo de transformador e algum fio. A gente tinha que contar as voltas do fio no núcleo. A maioria conseguiu núcleos parrudos, mas um estudante pegou o núcleo do transformador de um alto-falante velho. Isto produziu a voltagem correta, mas quando o teste de potência foi executado, o transformador virou literalmente fumaça. Uma lição inesquecível foi transmitida. Aquele aluno em particular estava aos prantos, mas ele era um excelente pianista e mais tarde foi para a Escola Julliard, em Nova Iorque. Eu descobri



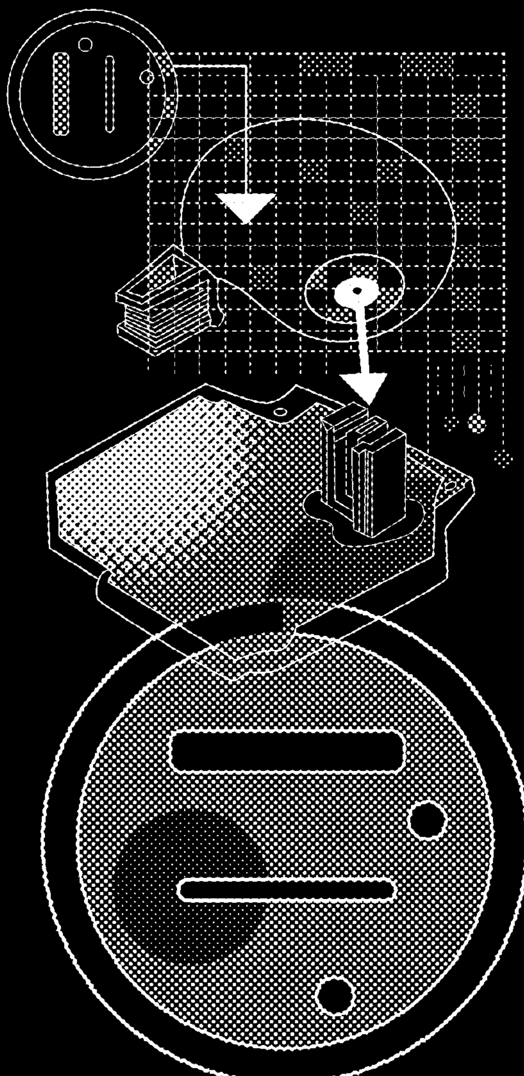
por estas aulas de física do secundário que eu adorava analisar dados, qualquer dado, o desvio de um pêndulo da constante quando a amplitude era muito grande, ou os detalhes da chegada ao equilíbrio de um calorímetro. Quando eu estava no secundário, li vários livros de ciência sérios para jovens: gostei especialmente do livro de George Gamow, intitulado "Um Dois Três...Infinito: Fatos e Especulações em Ciência".

Quando fui para a universidade, a SMU, eu tinha planejado estudar engenharia. Meu pai sabiamente sugeriu que eu fizesse uma graduação em física e matemática e depois fosse estudar engenharia, se este ainda fosse meu interesse. Quando completei a graduação, foi natural continuar na física. Fui aceito na pós-graduação da Universidade de Chicago. Naquela época, 1951, Chicago certamente tinha o melhor departamento de física do mundo. Tive aulas com Enrico Fermi, Edward Teller, Murray Gell-Mann, Richard Garwin, Valentine Telegdi, Marvin Goldberger, e Gregor Wentzel. A atmosfera gerava em todos os estudantes uma paixão pela física e, sendo o período logo após a Segunda Guerra Mundial, uma era de ouro para a física estava se iniciando. Eu podia combinar minha paixão pelos dados, com um senso de que a gente devia fazer experimentos que produzissem resultados de importância. Aprendi também que a física é basicamente uma ciência experimental. A não ser que se fosse tão brilhante como Gell-Mann ou Feynman, era melhor fazer experimentos.

Como a física era um campo em expansão naquela época, havia muitas oportunidades de emprego. Fui parar na Universidade de Princeton, onde em 1964, com os colegas Jim Christenson, Val Fitch, e René Turlay, fizemos uma descoberta de importância fundamental, ou seja, que o universo de matéria e anti-matéria tem um comportamento ligeiramente diferente. Isto não foi uma descoberta teórica, mas sim experimental, realizada com equipamento feito em casa, sempre no limiar de quebrar. É uma fascinação constante para mim que um monte de equipamento, fios, detectores e magnetos, alimentados por um lindo acelerador, possam produzir um resultado que é relevante para o nosso entendimento mais profundo sobre o espaço e o tempo.

Tradução Ronald Cintra Shellard

Quebrando barreiras



Elisa Frota-Pessôa

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Rio de Janeiro | RJ | Brasil

Quando nasceu, em janeiro de 1921, o futuro de uma mulher era provavelmente terminar o curso normal, casar e ter filhos. E isso era o que esperava o pai, advogado, para sua filha Elisa. Mas não foi bem essa a história da física Elisa Frota-Pessôa .

Nas primeiras aulas do ginasial seu professor de física, Plínio Sussekind da Rocha, depois de corrigir exercícios feitos em casa por ela, perguntou brincando se seu pai ou algum irmão mais velho gostava de Física; não imaginava que uma menina pudesse fazer aquele trabalho tão bem. Com o passar do tempo ele foi um dos maiores incentivadores para que ela continuasse seus estudos no curso de Física, e não no de Engenharia, como era de se esperar de alguém interessado em Física e Matemática. Era ele também quem lhe passava exercícios extras fora do horário das aulas.

Elisa atribui sua escolha, sem hesitação, da carreira de física aos seus professores da Escola Paulo de Frontin no Rio de Janeiro. Dúvidas sobre sua escolha ela diz nunca ter tido, em compensação, não encontrou nenhum apoio na família. Ao contrário, seu pai era favorável a que sua filha mais velha se casasse e fosse uma boa dona de casa como a mãe era. No máximo, poderia continuar escrevendo suas poesias. Além dele, seu noivo na época também imaginava que quando eles se casassem terminaria aquela brincadeira. Naquele momento, física já era muito mais importante do que

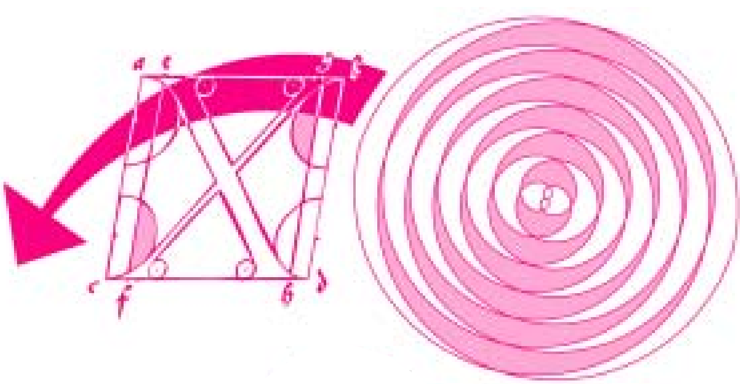
os sonhos de boa moça. Na verdade, era sua verdadeira paixão, aquela que a acompanharia por toda a vida.

Nas reuniões de escola seus pais nunca voltavam falando dos feitos intelectuais, relatados por seus professores, mas sempre do problema da disciplina: “Eu era levada mesmo. Levada pra chuchu”, ela conta. Nada que a tenha atrapalhado a fazer grandes amizades e obter o respeito e carinho dos colegas e professores. Em seu caderno guarda belas declarações, sempre exaltando sua aguçada inteligência.

Um ano após terminar o curso na Escola Paulo de Frontin, Elisa se casou com seu professor de biologia, Oswaldo Frota-Pessôa, de quem adotou o sobrenome e com quem teve dois filhos. Quinze dias depois da festa, Elisa fez a prova de ingresso para o curso de Física da Faculdade Nacional de Filosofia, atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Foi a única aprovada daquele ano! Meses depois juntou-se a ela seu amigo, José Leite Lopes, que se transferiu de Matemática para Física.

Durante a faculdade começou a trabalhar com o professor Joaquim Costa Ribeiro, de quem já era assistente Jayme Tiomno, seu grande companheiro no laboratório e que anos depois se tornou seu segundo e atual marido. Costa Ribeiro era, como ela lembra, apesar de bastante cioso dos equipamentos, sempre pronto a discutir e explicar o que lhe fosse perguntado. Elisa conta que saía de suas aulas sempre com a sensação de não ter dúvidas. Suas explicações eram objetivas e tudo parecia muito claro, até chegar a hora de resolver problemas, então era necessário estudar mais ou voltar a ele para esclarecer.

“O que torna um professor interessante é dar certa liberdade aos alunos no



sentido de deixá-los desenvolver sua criatividade, dar bastante exercícios e corrigi-los, fazer pesquisas e transmitir entusiasmo aos alunos", diz ela. Em sua vida como pesquisadora e professora parece ter se guiado por essa máxima. Conta ela, que sempre tratou seus alunos como filhos. Sua proximidade com eles e as constantes visitas que ela e Tiomno recebiam deles em casa até tarde da noite, renderam-lhes horas de interrogatórios durante o governo militar. Queriam saber que tipo de "subversão" eles estavam ensinando àqueles meninos. Chegaram à conclusão que o assunto destes encontros era apenas ciência.

Sempre alegre, Elisa fala com entusiasmo de todas as suas conquistas pessoais e profissionais, e dos enormes desafios que enfrentou durante toda a vida para se firmar na carreira e cuidar da vida familiar, que ela garante foi saudável e feliz.

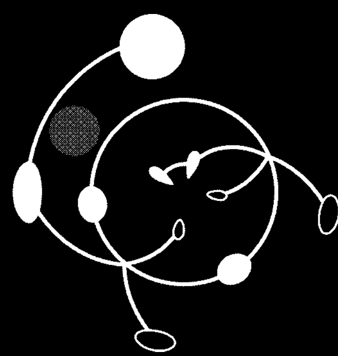
O sorriso só desaparece quando fala do que não gosta e às vezes acontece na profissão: falta de honestidade científica. E quando lembra do tempo que a recém fundada Universidade de Brasília, para onde levou muitos de seus alunos, não sobreviveu à falta de liberdade no governo militar. Neste período, 230 professores pediram demissão da noite para o dia. Período triste que ela prefere nem lembrar; prefere partir para falar de assuntos mais agradáveis, contar suas estórias, que são muitas, sobre Física e sobre físicos, sempre com um enorme sorriso e um espírito jovem e animado.

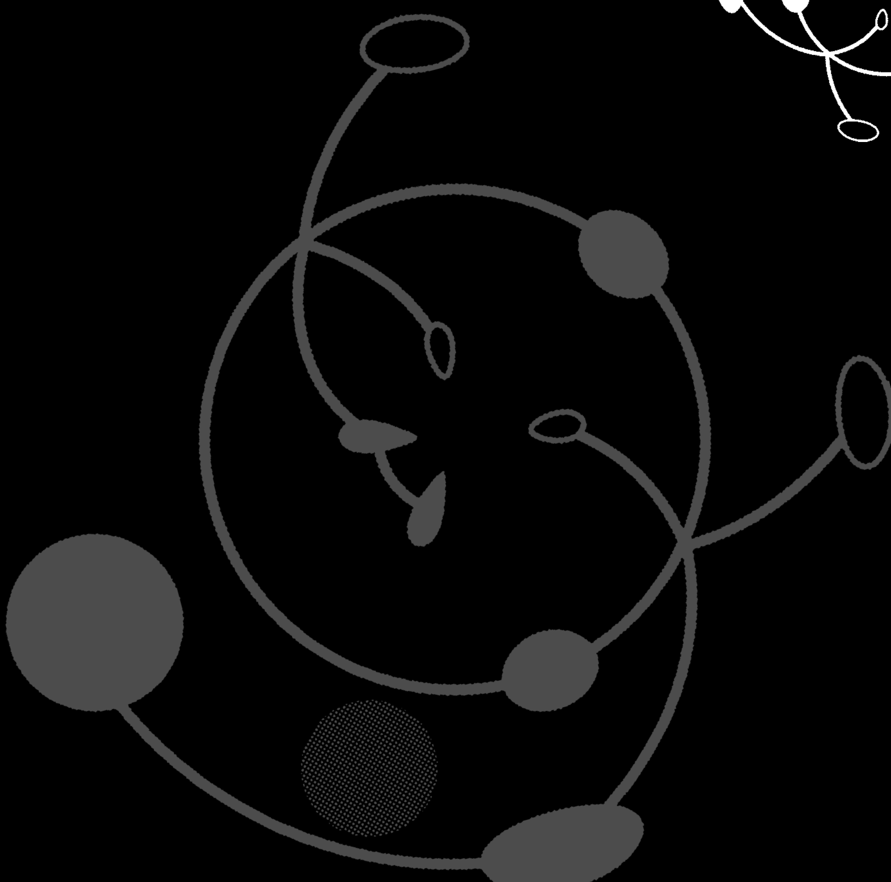
Seu entusiasmo é tão grande e contagiante, que quando sua irmã, seis anos mais nova, avisou que depois do ensino médio queria ser apenas dona de casa, seu pai então chamou Elisa e Oswaldo, seu marido na época, e pediu que conversassem com ela e a convencessem a escolher uma profissão. "Você me ensinou uma coisa: a mulher deve ter mesmo uma profissão", disse ele a Elisa. Mais uma vez ela discordava dele, cada um deve fazer aquilo que vai lhe fazer mais feliz, ela pensava. Sua irmã se formou com ótimas notas em biologia, mas nunca exerceu a profissão.

Ela garante que tudo que se faz com paixão acaba dando certo. Mesmo que o retorno financeiro demore a chegar. "Vai pegando seu "onibuzinho" para o trabalho que um dia você consegue comprar seu carro, e assim vai conseguindo tudo". Realmente, não dá pra deixar de acreditar nisso diante de Elisa Frota-Pessôa.

Entrevista Carolina Cronemberger

Educação, ciência e acaso





Vitaly L. Ginzburg

Instituto de Física P. N. Lebedev

Moscou | Rússia

Meus anos na escola coincidiram com o que foi talvez o período mais desafortunado da história da educação secundária soviética. Do velho colégio (ginásio, etc.) sobraram edifícios. No entanto, havia vários professores antigos e supostamente talentosos. O caos reinava sobre o resto. Em 1931, eu terminei a escola em um período de 7 anos, tendo havido um "corte" devido à exigência instituída naquele época de se aprender uma profissão proletária em uma fábrica. Finalmente, alguns anos depois, este sistema decadente foi trocado por outro em que se ficava 10, e mais tarde 11, anos na escola.

A ausência da atmosfera "educacional" adequada, na família em particular, teve o efeito de dar-me a impressão de que eu ganhei pouco no colégio. No entanto, o interesse pela Física apareceu mesmo nesses anos e, com força, embora eu mesmo não saiba o porquê. Eu gostava do livro "Fizika Nashikh Dnei" (A Física dos Nossos Dias) de O. D. Khvolson, que eu li ainda na escola ou logo depois de terminar a graduação, eu acho. Enfim, eu nunca hesitei em escolher a Física, mas não me lembro nem do professor, nem dos livros-texto.

Terminando a escola, de algum jeito, eu consegui um trabalho de assistente de laboratório no Instituto Noturno de Fabricação de Máquinas

de Moscou. Inicialmente, eu estava “em treinamento” no laboratório A. A. Bochvar do Instituto de Metalurgia Não-ferrosa e então eu me encontrei no Laboratório de Raios X. Os chefes eram E. F. Bakhmetev e N. K. Kozhina (por algum tempo também Ya. P. Silisskii). O mais poderoso era Venya Tsukerman. Leva Al´tshuler também era de lá. Nós três tínhamos uma relação amigável e trabalhávamos juntos. Claro, eu estava em terceiro lugar: os colegas eram três anos mais velhos e sabiam mais. Ven´ka chama-nos de “os 3 V´s”: V de Venya, Vitya e Vladmirovich (este era o patronímico de Al´tshuler).

O trabalho no laboratório foi benéfico para mim: ensinou-me versatilidade (seguindo o exemplo de Venya) e habilidades experimentais. Em Física, para não falar de matemática, eu não tive progresso significativo. O ano de 1933 viu a primeira matrícula “livre” (i.e. “competitiva” em vez de por indicação) da Universidade Estatal de Moscou (MGU) e eu decidi entrar no Departamento de Física. Em três meses eu passei formalmente pelos oitavo, nono e décimo anos de escola, mas estou convencido de que a falta de uma escola boa, regular, teve um efeito adverso sobre mim. Enquanto um garoto na escola resolve, vamos dizer, 100 ou 1.000 problemas de trigonometria, logaritmos, etc., o número que eu resolvia era 10, ou 100 vezes menor. O mesmo se pode dizer de aritmética. E isto me marcou para sempre: eu faço cálculos mal, lentamente, com esforço, falta automação. Eu sempre temi e detestei cálculos. Claro, por trás disso está a falta de habilidade em Matemática (em comparação com as habilidades correspondentes da maioria esmagadora dos colegas teóricos). Mas esta é precisamente a razão pela qual a falta de treinamento teve um efeito tão pronunciado.

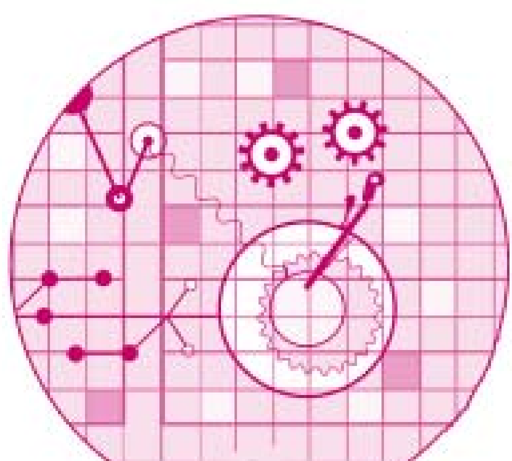
Claro que a falta de uma escola regular também foi adversa em outros aspectos. Com cerca de 30 anos, eu li pela primeira vez “Byloe i Dumy” (O passado e Meditação) e muitas outras obras literárias (no entanto, não tenho certeza se foi uma desvantagem). Muito mais significativa é a deficiência na “Língua Russa”. Quando eu estava no meu segundo ano no MGU, todos nós tínhamos ditados e eu cometia oito erros levando conceito “insatisfatório”. Mesmo agora eu escrevo com erros. Os erros gramaticais não são tão significativos quanto a habilidade de escrever, o domínio de estilo e de linguagem. Minha linguagem é de certa forma pobre e minhas frases freqüentemente não são muito literárias. Nessa linha de pensamento, eu me lembro da minha conversa com G. S. Gorelik. Ele tinha a habilidade de escrever bem, e para minha pergunta – O que o ajuda a escrever tão bem? – ele respondeu com uma pergunta – Quantas vezes por semana você fazia redações na escola? – Eu respondi – Algo como uma vez por semana ou uma vez a cada duas semanas, não me lembro. – G. S. comentou que ele estudou na Suíça e escrevia redações todos os dias. É por isso que eu ainda tenho algumas lacunas nos conhecimentos que deveria ter adquirido na escola. Infelizmente, eu também não conheço línguas estrangeiras, embora, graças a Deus, eu tenha de certa forma dominado o Inglês (mas eu só sei falar, embora com erros, e fazer relatórios, ao passo que sou quase incapaz de escrever sozinho sem que alguém corrija). Escrevo tudo isto porque definitivamente cheguei à conclusão de que uma pessoa precisa de muitas coisas para trabalhar de verdade e conseguir sucesso e satisfação. Não conhecer idiomas é, francamente, uma desgraça, para não falar no prejuízo para a carreira. Os europeus não têm este tipo de problema. Qualquer físico holandês sabe Inglês bem e provavelmente também sabe Alemão e Fran-

cês: tendo facilidade com línguas, uma pessoa pode dominar uma língua mesmo sem estudá-la na escola – se tiver começado desde criança e assim por diante. Mas e se uma pessoa não tiver habilidades lingüísticas? Estas são habilidades específicas na verdade. Eu, por exemplo, sou absolutamente incapaz de lembrar poemas e em geral não consigo saber nada de cor (como, por exemplo, um relatório). Na infância, na escola, eu provavelmente conseguiria lidar com tudo isso. Por toda minha vida lamentei não saber línguas, eu poderia saber mais sobre isto, sobre aquilo. No entanto, quando seu trabalho está progredindo e há tantas coisas interessantes nele, você vai aprender verbos ou nomes de constelações? Eu certamente nunca fui capaz de fazer isso.

No fim das contas, nenhuma instituição educacional transformaria alguém em um excelente escritor, físico ou matemático sem que ele mostrasse a aptidão correspondente. No entanto, primeiro, só as tendências não seriam suficientes. Quantas pessoas talentosas nunca "concretizaram" suas potencialidades e qual o papel que coube às deficiências na sua educação? Segundo, um bom preparo, treinamento, etc. são supostamente capazes de criar um profissional de valor a partir de uma pessoa de habilidades medianas, que, de outro modo, seria um "burro de carga", um fracasso, não encontraria satisfação no trabalho, etc. Enfim, está tudo claro. Eu escrevo por onde sou levado pela minha caneta; e este assunto foi abordado porque eu refleti várias vezes sobre a questão das perdas em que "incorri" devido às condições desfavoráveis na escola. Claro que é impossível saber a resposta.

Por outro lado, creio eu, fui extremamente afortunado com relação a "concretizar" as minhas modestas habilidades. Mas, ainda assim, o que poderia ter sido possível se eu tivesse estudado em uma boa escola por 10 anos, sem falar no apoio "profissional" da família (não houve)? Aqui, gostaria de abordar outro assunto sobre o qual gosto de refletir freqüentemente. Veja, por exemplo, um desportista que correu, vamos dizer, uma distância de 100 m em 9,9 segundos para ser um campeão olímpico e um velocista que correu em 10,2 segundos para ser o quarto colocado, perdendo até mesmo a medalha de bronze (os números são, claro, arbitrários). Aqui, cir-

cunstâncias aleatórias podem ter dado sua contribuição: como ele tinha dormido, o quê ele tinha comido, como flexionou os pés, etc. Felizmente, na ciência este não é o caso: o que cabe ao quarto colocado é muito melhor, ele dá sua contribuição, escreve bons artigos (sabendo que o primeiro colocado escreve artigos muito bons). Mas o papel do acaso e da boa sorte ainda pode ser crítico. Isso não é assim para gigantes como Einstein, para quem a "margem de segurança" e a distância para os outros são muito grandes. Os talentos de Maxwell, Bohr, Planck, Pauli, Fermi, Heinsenberg, e Dirac também foram pouco dependentes das flutuações de sorte, idéias acidentais, etc. De Broglie, e até mesmo Schrödinger, foram, assim me parece, outra história, para não falar de numerosos ganhadores do Prêmio Nobel. M von Laue era um físico bem qualificado, mas afirmam que a idéia da difração de raios X em cristais foi uma idéia regada a cerveja ("Bieridee"). Braggs, Roentgen, Zeeman, Stark, Lenard, Josephson, Penzias e Wilson, Hewish e Ryle, Cherenkov, Basov e Prokhorov, assim como 3/4 de toda a lista foram mais resultado de golpes de sorte do que revelações "divinas". Eu só quero enfatizar que a possibilidade de sucesso depende tanto de um golpe de sorte, quanto de uma variedade de fatores, que incluem saúde, um livro ou artigo lido na hora certa, atividade, ambição (como um estímulo) e talvez muitas outras coisas. Um assunto interessante esse.



Tradução Roberto da Silva

O mundo
é belo e
a gente tem
que mostrar
isso para
as pessoas

Marcelo Gleiser

Dartmouth College

Hanover | NH | EUA

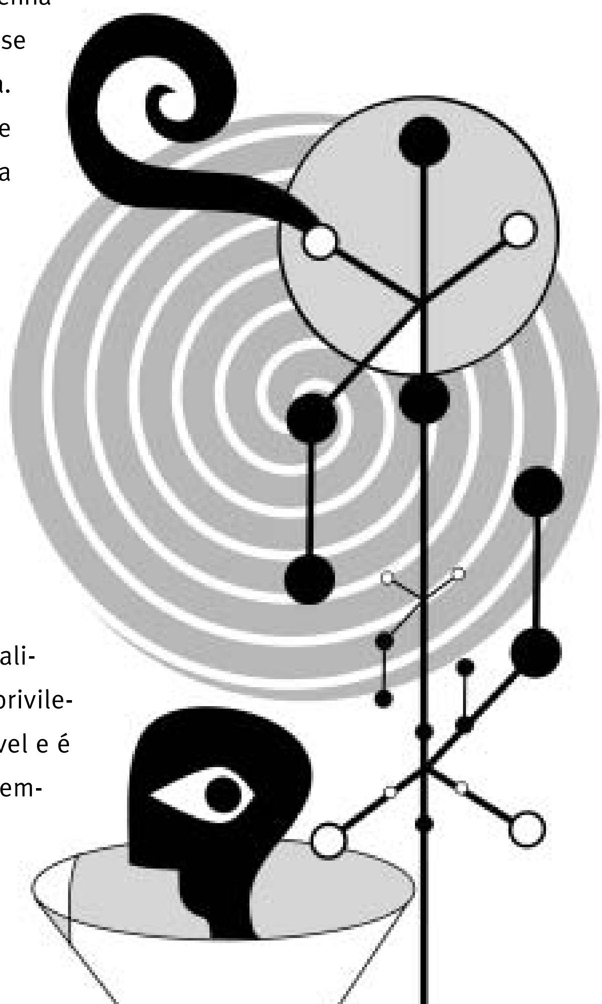
"O mundo é belo e a gente tem que mostrar isso para as pessoas." Se uma pessoa se resumisse num único pensamento, este seria provavelmente o que usaríamos para falar de Marcelo Gleiser, astrofísico brasileiro que mora e trabalha nos Estados Unidos. Assim também terminou nossa conversa informal sobre as razões que o levaram a fazer física. Mas poderia ter começado deste jeito, já que foi esse o motivo principal que o levou para a ciência e, em especial, à física.

Na infância, conta, era uma menino muito místico, fascinado pelas grandes questões "que todas as crianças perguntam, mas a maioria dos adultos não consegue responder", e preocupado com as origens da vida, do universo e da mente. A princípio, por ser de família judaica, procurou essas respostas na religião, mas não se interessou pelas respostas prontas das "religiões monoteístas". Aos poucos foi percebendo que a ciência dava conta de muitas dessas questões. Aos 13 anos chegou às suas mãos uma foto de Einstein com seu avô materno, que havia sido anfitrião dele em sua passagem pelo Brasil. Juntou essa foto a um disco de Mozart e fez um espécie de altar. Era aquela sua nova religião. Desde essa época ele mantém seu interesse constante pelas ciências, apesar de não ser o tipo "Feynman", "aquele que gosta de eletrônica, que desmonta tudo". E brinca: "sempre fui teórico".

Segundo Marcelo, uma das características mais importantes para ser bem sucedido nesta carreira é o entusiasmo, primeiro para conseguir trabalhar duro e durante longas horas sem parar, e depois, principalmente, para estar sempre curioso pelo mundo. Como ele mesmo chama, a capacidade de não deixar de ser uma espécie de Peter Pan da sociedade, aquele que nunca deixa de fazer perguntas, e acrescenta: "As perguntas são muito mais importantes do que as respostas.". Foram estas questões que o fizeram perceber que sua vontade era realmente seguir a carreira científica.

Na época de escolher sua profissão, enfrentou alguma resistência na família. "Quem vai te pagar para contar estrelas?" seu pai dizia. Assim, depois de muito insistir, conseguiu que ele aproveitasse seu interesse pelas ciências e fosse fazer Engenharia. Conseguiu isso apenas durante os primeiros dois anos da faculdade de Engenharia Química. Nesse tempo seu interesse continuou sendo Física e Matemática. No segundo ano ganhou uma bolsa de pesquisa em relatividade. Mais uma vez, Einstein o aproximou da ciência, mas desta vez definitivamente. Marcelo então resolveu que física era a carreira que o deixaria mais feliz. E se transferiu para a PUC, onde se formou. Hoje é pesquisador e professor.

Atualmente dá aulas de Física e Astronomia no Dartmouth College, em New Hampshire, Estados Unidos. Se considera muito realizado com a profissão: "É uma vida privilegiada. A gente tem uma vida razoável e é pago para fazer as perguntas que sempre fez. Somos herdeiros do conhecimento que vem desde os gregos."



Além disso acrescenta o fato de que (teoricamente) na ciência não existe uma estrutura hierárquica. Ela é horizontal e democrática, "mas só depois que você é doutor", salienta.

Nesta fase da carreira, defende Marcelo Gleiser, todo físico deveria ser o mentor dos que estão começando. Ele acha que a interação pessoal é muito importante para ser bem sucedido em ciência. É desta maneira que o futuro cientista vai aprender a fazer ciência, escrever, e pesquisar. E principalmente, vai aprendendo a fazer as perguntas certas.

Será que existe um lado ruim nisso tudo? "Não gosto muito da arrogância. A natureza ensina a gente a ser humilde. Ela é sempre muito mais esperta do que a gente." Vendo a alegria com que ele fala do seu trabalho, não parece que isso tenha sido tão difícil de superar: "hoje em dia eu já sei o que fazer. Quando eu era garoto eu não sabia. Sofri em várias situações." – diz ele, e dá a dica: "eu diria que você tem que separar a sua relação com a física da sua relação com os físicos. Só assim dá para manter essa chama". Ele garante que ter mantido amizades também fora da física lhe ajudou muito. Além do mais, ele acrescenta, "a ciência não pode ser feita só de grandes cientistas".

Paralelamente à pesquisa, Marcelo trabalha com divulgação científica no Brasil e no exterior. Participa de programas de televisão, escreve livros e artigos para jornais: "a ciência pertence à sociedade, não aos cientistas" e acrescenta: "Ela define as visões de mundo, é parte da cultura de uma época." Ele acha que o fato de não ter "cara de nerd" também o ajuda a se comunicar com maior número de pessoas, de pesquisadores a crianças. Nem todo cientista tem essa vocação: "Tem que saber adequar a linguagem", diz. A medir pelo sucesso dos seus livros e pelo entusiasmo que esse carioca de 46 anos demonstra quando fala de física, o saldo é muito positivo mesmo.

Crescendo na “Ciência”



37

John J. Hopfield

Universidade de Princeton

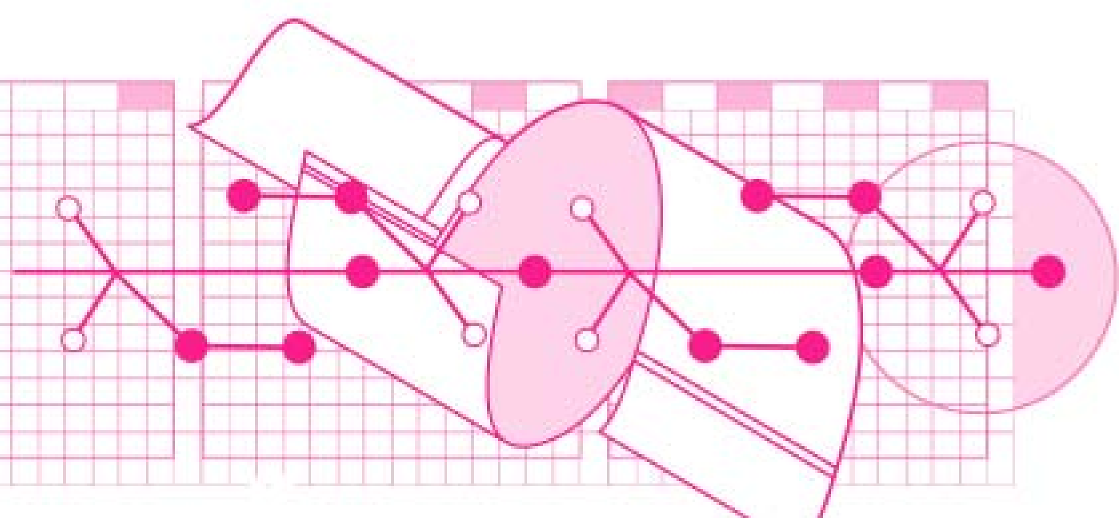
Princeton | NJ | EUA

Crianças são naturalmente investigadoras, seja mexendo em insetos para ver como respondem, jogando galhos em um rio para ver até onde eles chegam, desmontando um brinquedo para ver como são as peças, ou imaginando para onde vai a água que some no ralo. Eu cresci em um ambiente que não somente tolerava, mas encorajava a exploração. Lembro-me de atividades que começavam no chão da cozinha, brincando com panelas, desmontando tudo que podia. Meu pai consertava de tudo – o telhado, o rádio, o encanamento, o carro, a fiação elétrica – afinava o piano, e ainda fazia jardinagem. Como criança eu prestava atenção em tudo que ele fazia, e em suas explicações sobre o que ele achava que estava errado e como as coisas funcionavam. Minha mãe tinha uma velha máquina de costura Singer, com pequenas chaves de fenda dentro de uma gaveta para ajustá-la. Eu podia usar estas chaves, desde que as colocasse no lugar depois, em tudo que eu pudesse pôr as mãos. Minha mãe me falou sobre a visita do médico da família, alguns anos antes, que veio ver uma de minhas irmãs. Ele se mostrou horrorizado porque eu havia desmontado um antigo toca-discos (um modelo manual) e as peças estavam espalhadas pelo chão da sala – e disse que eu não estava sendo bem vigiado e estava me

comportando mal. A resposta de minha mãe foi simplesmente ‘bem, se ele não conseguir montar tudo de volta, o pai dele consegue’. Ainda me lembro da forma da chave de fenda. Outro equipamento interessante era uma lupa, útil para examinar formigas ou fazer um buraco em um papel usando a luz do sol.

Um pouco mais tarde, minha mãe encorajou a química na cozinha. Ganhei alguns tubos de ensaio, rolhas, e um livro descrevendo atividades tais como fazer hidrogênio com zinco, tirado de uma bateria velha, e vinagre, ou como atirar uma rolha através da sala usando vinagre e bicarbonato; havia também as propriedades múltiplas do enxofre quando aquecido até o ponto de liquefação e, além disso, de como fazer crescerem cristais de açúcar e sais. O hidrogênio era identificado por um estalido quando queimado com um fósforo. Os cristais nunca pareciam tão gloriosos como nas figuras; ainda assim era possível ver as formas simétricas e imaginar como aquilo acontecia. A tinta invisível foi outra surpreendente façanha facilmente executada na cozinha. Enquanto a maioria dos estudantes via pela primeira vez um corante indicador de acidez no laboratório de química, meu pai me mostrou que o repolho roxo era um ótimo indicador, tornando-se azul ou vermelho dependendo da acidez do meio.

Experiências elétricas começaram com um par de pilhas, alguns fios e lâmpadas. A atividade de que mais me lembro era enrolar um fio em um punhado de pregos de forma a fazer um eletroímã, e depois inventar coisas para fazer com ele como um telégrafo do meu quarto até a cozinha.



Brinquedos de armar foi o passo seguinte. Minhas ambições sempre foram maiores do que as peças disponíveis e meus dedos desastrados, mas tudo o que queria era construir algo que funcionasse, que fizesse alguma coisa interessante. Meus presentes de aniversário incluíam roldanas, cordas, serrote, martelo e pregos, para me ajudar a explorar esse mundo de construir coisas.

Eu queria um rádio. Meus pais não queriam o barulho que iria fazer. O acordo foi que eu deveria montar um receptor de rádio sem válvulas (isso foi antes de inventarem os transistores). Ganhei um antigo jogo de fones de ouvido e um velho boletim do Departamento de Agricultura ensinando a montar o receptor. A lista completa de material consistia nos fones de ouvido, um cristal de galena (sulfito de chumbo), e fios para enrolar bobinas em tubos de papelão. Esta montagem podia receber sinais de rádio de até 75 km de distância, sem a necessidade de pilhas. (O boletim foi escrito em 1930 para levar o rádio às fazendas que não tinham eletricidade). Mas eu queria captar estações de rádio mais distantes, daí encontrei um esquema de um rádio com uma única válvula, e economizei dinheiro para comprar a válvula. Minha introdução à eletrônica foi colocando a 'mão na massa', montando coisas simples, fazendo modificações, vendo o que funcionava. Foi bastante econômica. O grande mistério sobre o receptor sem válvulas era como um pedaço de fio em contato com o cristal de galena resultava em um sinal de rádio que podia ser ouvido. Só fui entender isso 12 anos mais tarde quando estava fazendo pós-graduação em física.

Uma bicicleta apresentava novas oportunidades. Alguns raios quebrados, o freio desajustado, e eu desmontava tudo. Algumas vezes era necessária a ajuda de meu pai ou uma visita à oficina, não para consertar a bicicleta - o que era muito caro – mas para comprar peças e descobrir como fazer o conserto.

Me interessei também em montar aeromodelos. Os primeiros tinham propulsão a elástico. Depois disso montei alguns com pequenos motores a gasolina, o que foi útil depois na manutenção de um carro não muito confiável. Algumas vezes lia sobre ciência em revistas e num livro sobre

astronomia, mas acima de tudo, devorava tudo que achava sobre como as invenções do dia-a-dia funcionavam.

O ensino de ciências na escola era terrível. Antes do 12 anos nem se falava sobre isso. Nas primeiras aulas sobre ciência, meus professores ensinavam a decorar o nome das coisas, nada de montar ou entender como eram feitas. Minhas notas nessas aulas eram horríveis. Eu tive dois bons professores de ciências. Um de biologia que enfatizava a organização dos fatos, não a memorização, e o entendimento da relação entre organismos vivos. Foi minha primeira experiência com a ciência da observação. O outro foi um professor de química que tratava os adolescentes como adultos, suas aulas eram verdadeiras palestras, e no laboratório fiz experimentos sofisticados que só em livros da minha juventude tinha conhecimento. De uma hora para outra me tornei o melhor aluno da classe.

A Física trata da exploração do que não entendemos sobre o porquê das coisas, na busca pelos princípios fundamentais, fatos, e por uma descrição quantitativa. Alguns se encantam com os mistérios da origem do universo, ou a natureza do mundo em escalas incrivelmente pequenas. Para mim, tendo crescido curioso acerca do mundo a minha volta, e fascinado em entender e manipular as coisas, a parte mais interessante envolve as propriedades das coisas na escala humana, e como estas estão relacionadas com as propriedades das estruturas microscópicas.

Com isso tudo, era óbvio que meus estudos universitários me levariam para a física da matéria condensada. Meus dez primeiros anos de pesquisa foram sobre a interação da luz com sólidos cristalinos, e de como isso se relacionava com a estrutura eletrônica dos sólidos e as propriedades quânticas da luz. Foi uma época maravilhosa, pois havia sistemas em que praticamente nada era conhecido. Os experimentos aconteciam rapidamente, de modo que as teorias podiam logo ser testadas. Foi também, de uma certa forma, um excelente treinamento sobre modelos matemáticos de uso geral.

Com o maior entendimento sobre os sólidos, minha atenção se voltou para os sistemas biológicos, em que descrições baseadas em princípios físicos eram inexistentes, mas resultados experimentais quantitativos como os utilizados em física estavam sendo acumulados lentamente. A natureza

de minhas contribuições não foi muito usual, pois costumo questionar diferentes coisas. De fato, embora seja mais conhecido por minhas contribuições à biofísica teórica, a natureza de minhas contribuições mais significantes não tem sido profundamente matemática. Tenho apenas procurado identificar problemas simples, estabelecê-los com clareza, e descrever suas soluções de forma a torná-los compreensíveis e passíveis de investigação pela física.

Meu trabalho mais citado é o primeiro que escrevi sobre como o cérebro funciona. Ele relaciona tópicos de física conhecidos – magnetismo e vidros de spin – ao fenômeno psicológico da memória associativa, utilizando um tipo de abstração física sobre o comportamento de uma rede de células nervosas interconectadas. Isso introduziu a idéia de computação em neurobiologia por meio de uma trajetória dinâmica de um sistema com muitos graus de liberdade movendo-se para um ponto (temporariamente) fixo de sua dinâmica. Conhecido hoje como ‘modelo de Hopfield’, essa idéia levou muitos físicos para a neurobiologia por ilustrar como as questões da neurobiologia podem estar próximas da física, e de como a modelagem em física poderia ser útil em neurobiologia. A formulação deste problema me tomou mais de dois anos entre reuniões e seminários de neurobiologia. Meu trabalho mais citado em biologia molecular descreveu a ‘revisão cinética’ (um método geral de ‘revisão’ no nível molecular) e foi também o primeiro que escrevi sobre o tema do tRNA ou síntese de proteínas. Novamente, foi uma questão de formular a pergunta certa. Um biólogo perguntaria ‘como a reação desejada acontece?’ enquanto eu encontrei um novo princípio perguntando ‘porque a reação não desejada não acontece, quando é tão semelhante à reação desejada?’

Meu interesse científico atual pode ser descrito em termos de ‘como pensamos?’ É o tipo de pergunta que sempre persegui, embora com a idade as perguntas se tornaram mais difíceis. Trata-se de biologia ou física? Não importa. Talvez a física seja melhor definida simplesmente como ‘aquilo que fazem aqueles treinados em física’.

Tradução Gilvan Augusto Alves

A competência não escolhe gênero



Belita Koiller

Instituto de Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro | Brasil

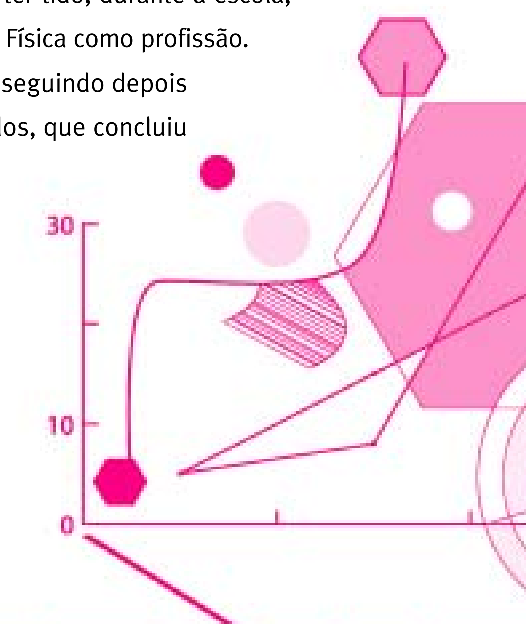
Belita Koiller é professora e pesquisadora da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desde 1994, onde realiza pesquisas teóricas em propriedades eletrônicas dos sólidos em uma área mais geral chamada da Física da Matéria Condensada. No trabalho atual, ela está estudando o comportamento de materiais preparados em escala nanométrica, visando a possibilidade do controle individual dos elétrons em semi-condutores. O objetivo é a utilização destes sistemas nas operações elementares necessárias à implementação da computação quântica. Por essas pesquisas, Belita recebeu, em 2005, o prêmio UNESCO-L'OREAL, concedido a mulheres que se destacam na ciência. “É o reconhecimento da maturidade da física brasileira, porque não basta que haja muitas mulheres fazendo física, é preciso que a infra-estrutura de trabalho esteja madura e desenvolvida”, diz numa das muitas entrevistas que tem concedido desde que recebeu o prêmio. Para ela, este prêmio é importante para valorizar o papel da mulher nas ciências, assim como para incentivar os jovens de forma geral para carreiras nas áreas de ciência e tecnologia. “A ciência é uma opção viável de carreira no Brasil”, acrescenta com a naturalidade de quem trabalha nisso há 30 anos. “O trabalho bem sucedido em Física, como em outras profissões, requer vocação, dedicação aos estudos

de forma intensa e contínua, representando isso uma satisfação e não um sacrifício. Relato aqui um fato ocorrido há cerca de cinco anos, quando a UFRJ organizou um ciclo de palestras públicas “Física para Poetas”, que foi um sucesso. Um vestibulando, entusiasmado pelas palestras, decidiu pela Física como opção profissional. (Um parêntesis: no Brasil esta opção é cobrada extremamente cedo dos jovens). Estranhei quando ainda durante o primeiro ano ele abandonou o curso de graduação. Um colega, que tinha mais contato com este aluno, comentou: “*ele gostava mais de poesia do que de física”*. Concluindo, é importante que a opção profissional seja tomada com informação e maturidade.”

Belita sempre foi incentivada por sua família a ter uma profissão. Sobre isso ela diz: “A mensagem clara, que tive da minha família, foi que deveria ser profissionalmente ativa e independente, mas eles também deixaram claro que esperavam que me casasse e formasse minha família”. A princípio pensou em ser professora secundária, pois sempre gostou de dar aulas, mas percebeu que poderia juntar seus interesses por ciências e matemática e o gosto em lecionar fazendo Física. Sente-se privilegiada por ter tido, durante a escola, informação suficiente para lhe permitir escolher a Física como profissão.

Em 1971 se formou na PUC do Rio de Janeiro, seguindo depois para o doutorado em Berkeley, nos Estados Unidos, que concluiu em 1976. Voltou ao Brasil e trabalhou inicialmente na PUC. Atualmente é professora titular na UFRJ.

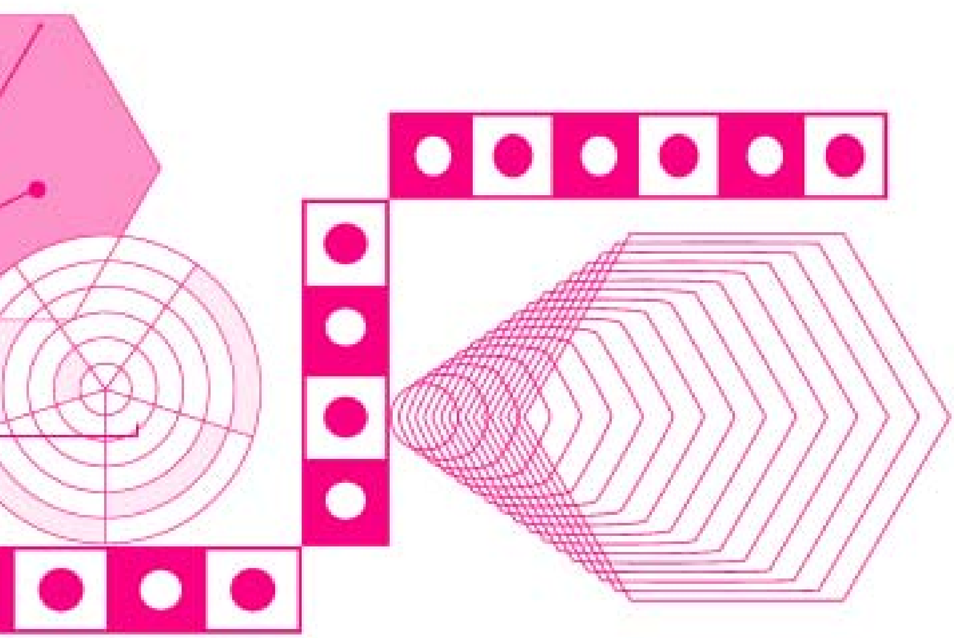
Sempre fez pesquisa e assegura que o ritmo intenso de trabalho e dedicação que um pesquisador precisa ter não atrapalhou sua vida fora da Física: “A pesquisa não atrapalha minha vida particular, mas exige uma disposição mútua de todos os mem-



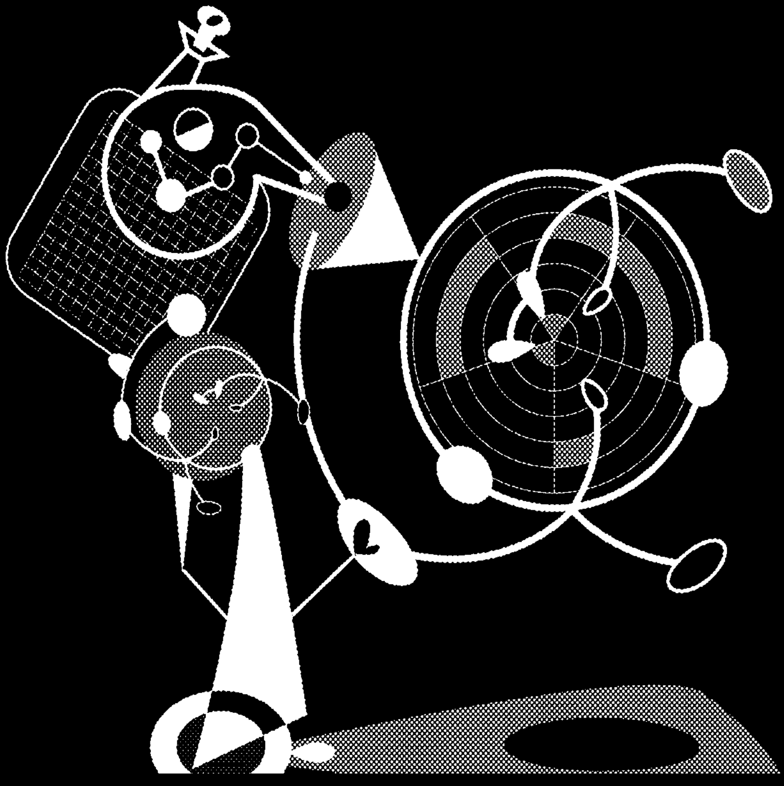
bros da família em termos de reconhecimento e valorização da parte profissional. Para vencer as dificuldades que aparecem no trabalho de pesquisa, Belita sugere que é importante ter “uma atitude otimista” e muita perseverança: “Às vezes tomamos caminhos equivocados que nos levam a pequenas derrotas e precisamos começar tudo de novo”.

Belita é uma pessoa otimista por natureza. Com relação à questão da mulher na ciência, assinala que “Há tantas dificuldades no Brasil que afetam homens e mulheres, que me sinto mal de ficar me queixando de discriminação. Mas há no nosso meio discriminação, que precisa ser reconhecida e superada” e ainda acrescenta: “A humanidade é carente de talentos. Portanto, na escolha de uma profissão, deve-se levar em conta a vocação e não o preconceito. A competência não escolhe gênero, é inerente tanto ao homem quanto à mulher”.

Entrevista Carolina Cronemberger



Cientistas são exploradores



Leon M. Lederman

Laboratório do Acelerador Nacional Fermi

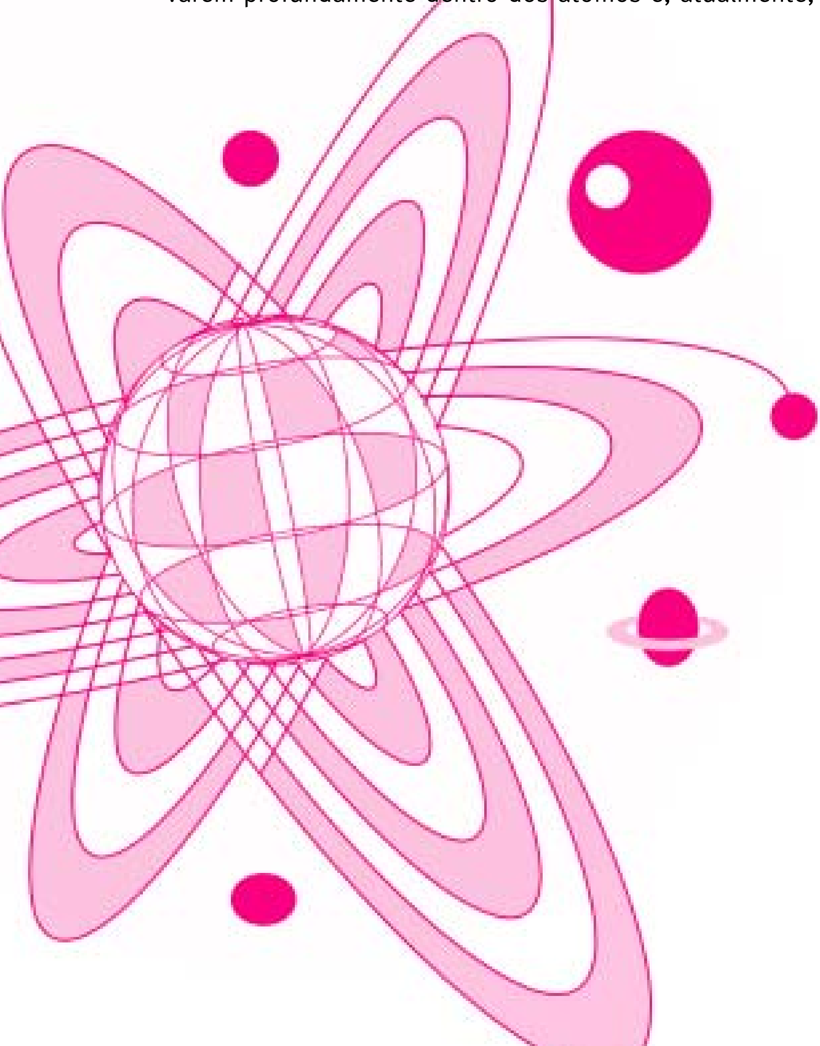
Batávia | IL | EUA

Meu interesse pela ciência, pelo que eu mais me recordo, veio da leitura sobre os cientistas. Havia muitos livros cruciais de jovens escritores. Eu tinha 10 anos de idade quando li sobre biólogos em um livro chamado "Caçadores de Micróbios". Esse falava da história de como os cientistas resolveram problemas para provar que as doenças eram causadas por germes. Do que mais me lembro são dos enigmas criados por uma certa doença, e como, através de um trabalho cuidadoso e de "idéias", cientistas foram capazes de conectar essa doença a um micróbio, um assassino observado apenas pelo microscópio.

Para tornar a história ainda mais empolgante, identificando o culpado, a cura de pessoas doentes seria possível e muitas vidas seriam salvas. Isso soava muito melhor do que ser um jogador de *baseball*! Outro livro que li foi escrito por Albert Einstein, no qual a ciência era comparada com uma história de detetive. Alguém era assassinado e havia várias pistas: uma faca suja de sangue, um cachorro uivando, e outras informações que pareciam estar desconexas, mas das quais o detetive (cientista) tomava nota cuidadosamente. Eventualmente, quando o assassinato era resolvido, cada pista, cada pedaço de evidência se combinava como um quebra-cabeça – tudo era explicado.

Mais tarde, no ensino médio, eu descobri que a ciência possuía outra inacreditável e maravilhosa característica – não somente a ciência podia resolver problemas sobre o mundo, mas cada “pequeno” problema resolvido contribuía para que o homem compreendesse o mundo: porque há dia e noite, e de que forma funciona nosso sistema solar. (Quando me disseram que eu estava sobre um planeta que estava me girando a aproximadamente 1500km/h, eu quis segurar em alguma coisa!)

Então astrônomos e físicos realmente entenderam as estrelas (cada uma sendo um sol com seus próprios planetas) e o processo como elas foram agrupadas em inimagináveis enormes coleções de bilhões de sóis. Outros cientistas usaram microscópios gigantes e poderosos para observarem profundamente dentro dos átomos e, atualmente, começaram a

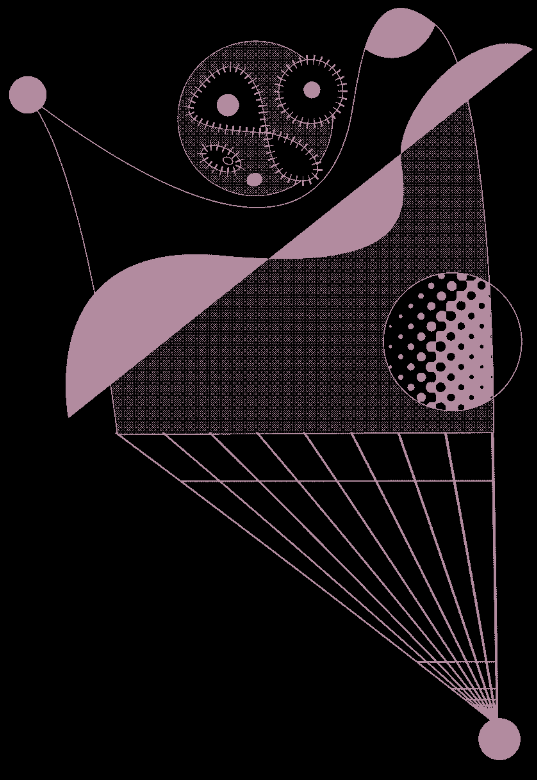


entender como a matéria e a energia funcionam – assim como o biólogo que, tempos atrás, pesquisou as bactérias.

Eu descobri que fazer parte de um grupo de cientistas que exploram o mundo, entrando no nível de um bilionésimo de centímetro e voltando até 10 bilhões de anos luz, era a vida mais empolgante que se poderia imaginar. Eu descobri que cientistas eram exploradores, como Cristóvão Colombo ou Vasco da Gama. Em tais épocas, os oceanos e continentes da África e América eram mistérios desconhecidos. Hoje, o desconhecido está em nossos corpos, em nossas mentes, e numa noite de inverno na qual vemos estrelas e galáxias. Há muitos mistérios hoje: como se formaram as galáxias, o que é a energia escura que impulsiona o Universo inteiro? E como funcionam as nossas mentes? Ainda há muito a aprender! E os cientistas ainda recebem para fazer esse trabalho!

Tradução Murilo Santana Rangel

Uma parte da história da física no Brasil



51

José Leite Lopes

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
Rio de Janeiro | RJ | Brasil

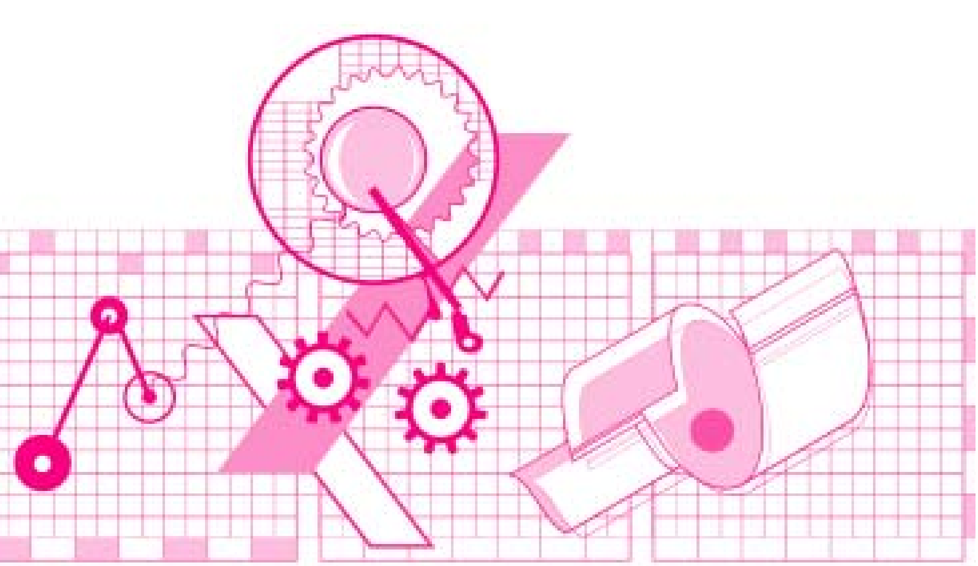
José Leite Lopes nasceu no Recife, em 1918, numa família de comerciantes. Motivado pelas possibilidades de trabalhar em usinas de açúcar e na indústria, optou por fazer Química. Em 1939 terminou o curso de Química Industrial em Pernambuco, mas antes mesmo de se formar, por influência de Luiz Freire, seu professor de física durante a faculdade, resolveu se mudar para o Rio e fazer o curso de Física. Segundo Leite Lopes, Luiz Freire foi decisivo para sua escolha pela Física. “Esse era um professor extraordinário!”, conta, “Ele conhecia muito a Física e a Filosofia e tinha o dom de dar aulas, com isso nos atraía muito. Foi ele quem despertou em mim o interesse pela Física”. Para Leite Lopes, a forma como um assunto é apresentado é determinante para que ele consiga motivar o aluno. No seu caso, isso foi decisivo; ele reconhece que, muitas vezes, a Física é mal ensinada para os alunos, em todos os níveis: “Trabalhos de iniciação científica são importantes, mas também é preciso que os cursos sejam dados por físicos que realmente gostem da matéria”, diz.

Em 1942, após terminar o curso de Física, na Faculdade de Filosofia do Rio de Janeiro, atual UFRJ, foi fazer o doutorado em Princeton, nos Estados Unidos, com Wolfgang Pauli, prêmio Nobel em 1945 e um dos

pais da Mecânica Quântica. Sua pesquisa foi principalmente dedicada à Física de Partículas. Leite Lopes participou da previsão, em 1958, da existência de uma partícula chamada bóson Z0, que só foi observada experimentalmente em 1980. Nos Estados Unidos, assistia a seminários de Einstein, trabalhou com Feynman e Robert Oppenheimer, entre outros grandes nomes da Física.

Em 1946 terminou o doutorado e, três anos depois, junto com mais alguns colegas, fundou, no Rio de Janeiro, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), do qual foi diretor por duas vezes (1960-64 e 1985-89). Sobre esta época ele conta: “No início havia muitas dificuldades. O João Alberto (Lins de Barros, ministro na ocasião) dava dinheiro do próprio bolso para sustentar a instituição”.

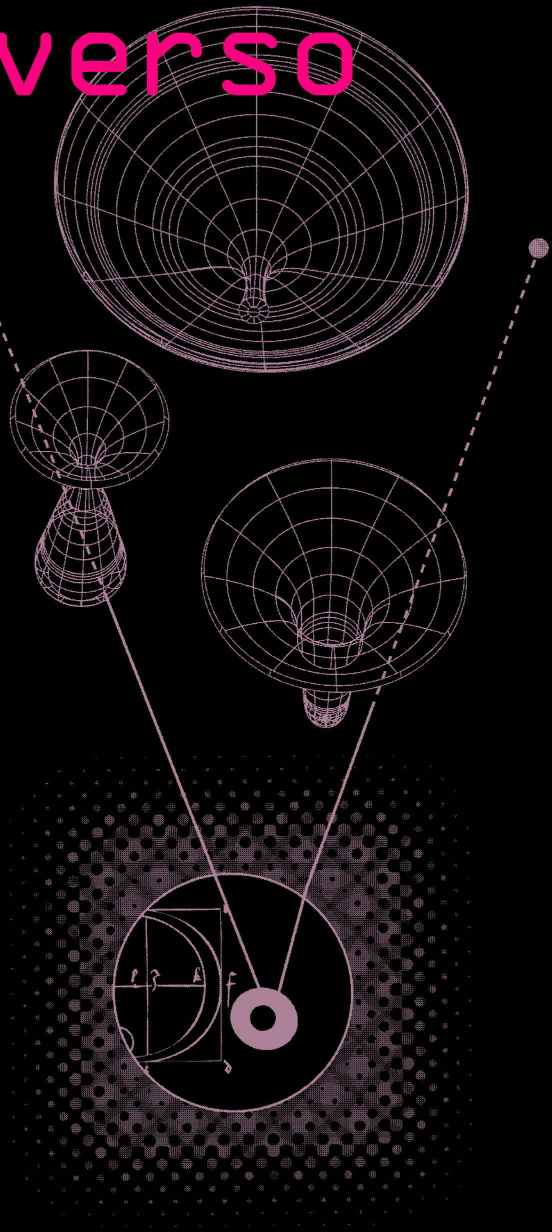
Leite Lopes considera a falta de financiamento uma das grandes dificuldades da carreira científica no Brasil, e acrescenta, ainda, que a forma como o financiamento é empregado também deve ser mudada. Os recursos devem ser aplicados principalmente no desenvolvimento e não para a simples compra de tecnologia importada. Esta postura política o acompanha até mesmo nas suas decisões pessoais, como quando teve que decidir em que país moraria ao ser cassado pelo regime militar brasileiro.



Em 1960 foi convidado a ser diretor do CBPF. Em 1964, com o golpe militar, Leite Lopes pediu demissão da diretoria e saiu do país, mas não aceitou o convite para que fosse embaixador nos Estados Unidos simplesmente por não concordar com a política americana em relação ao Brasil. Acabou indo para a França. Atendendo o pedido de estudantes, em 1967, aceitou voltar. Até hoje mantém uma relação muito próxima com os estudantes. Em 1969, foi cassado e aposentado compulsoriamente pelo regime militar. Só voltou a morar no Brasil em 1985. Convidado a ser novamente diretor do CBPF, Leite Lopes se envolveu em diversas questões políticas para melhorar a situação da pesquisa e do ensino no país. Sua atuação foi fundamental para que fosse criado o regime de dedicação exclusiva nas universidades, o que permitiu a pesquisadores se dedicarem mais às suas atividades e ajudou na criação e manutenção de centros de pesquisas dentro delas. Além disso, ajudou a criar um programa que incentiva os cientistas a irem às escolas, aproximando a pesquisa acadêmica dos alunos do ensino médio. Foi, por diversas vezes, ele mesmo explicar fundamentos de Física para esses estudantes.

Em seu escritório no CBPF, além de alguns dos quadros que pinta e dos livros que escreveu principalmente sobre política científica, Leite Lopes conta que guarda correspondências, escritos e seus cadernos, que, garante, são impecáveis. Diz que está sempre disposto a mostrá-los. Sua trajetória profissional acompanha a história da Física no Brasil. Desde o tempo em que se fazia Física em pequenos laboratórios, aos modernos centros de pesquisa de hoje em dia, Leite Lopes sempre esteve atento e preocupado com o avanço da ciência no Brasil, como agente ou como incentivador dos alunos. “Os alunos não aprendem Física e Matemática porque os professores não ensinam direito. Se o professor desenvolver a capacidade didática, acaba atraindo o estudante naturalmente”.

Explorando o universo



Douglas D. Osheroff

Universidade de Stanford

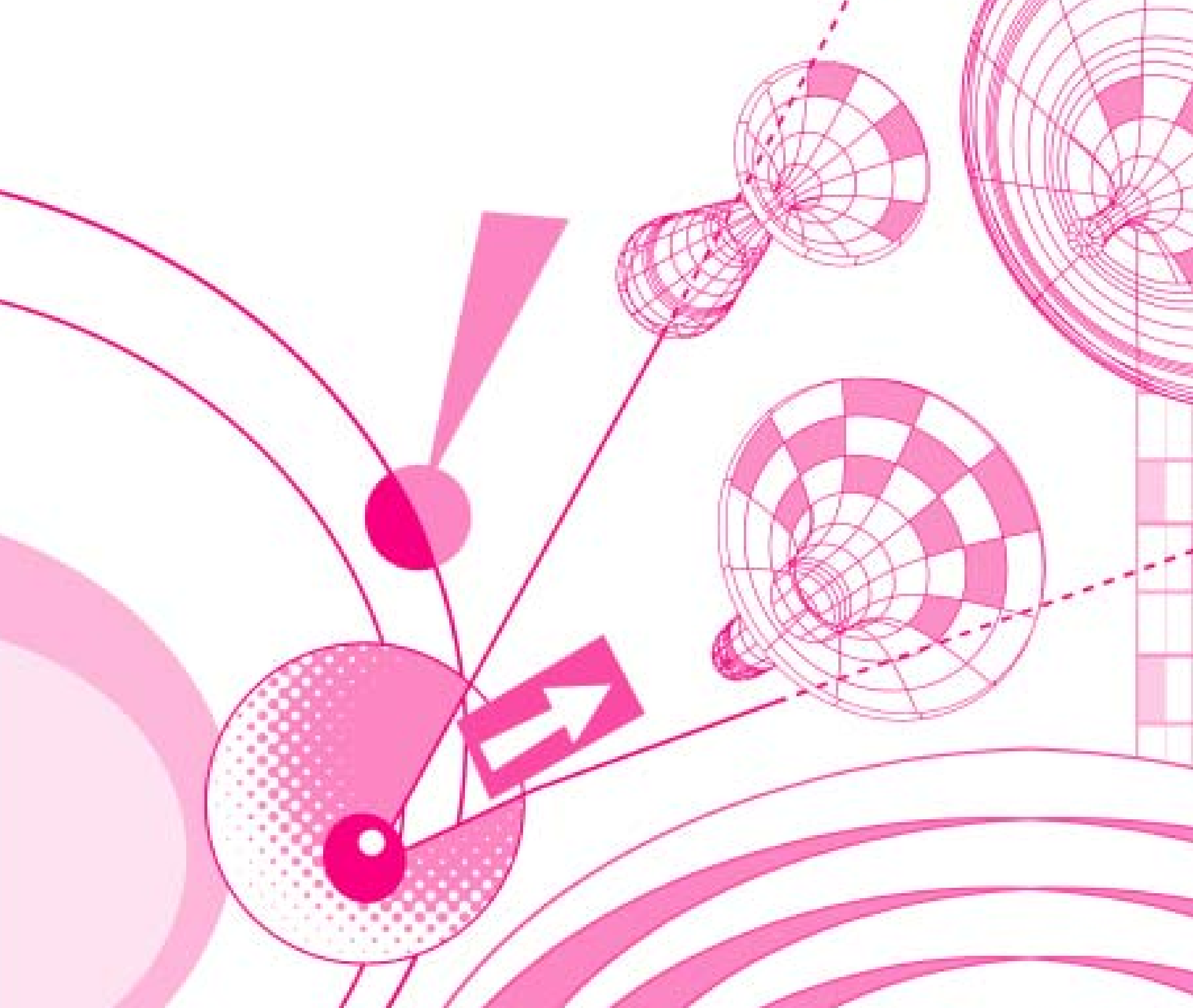
Stanford | CA | EUA

Eu era um entre cinco irmãos e cresci em Aberdeen, Estado de Washington; uma comunidade madeireira no noroeste da costa do pacífico. Meus irmãos e eu costumávamos caminhar pelas estradas desertas que penetravam nas florestas que circundavam Aberdeen. Nós nos imaginávamos como exploradores, talvez os primeiros a caminhar por estas poderosas florestas! Graças à física, este sentido de aventura nunca me abandonou.

Eu suponho que minha fascinação pela "física" começou aos seis anos, quando desmontei meu trem elétrico para poder brincar com o motor que havia dentro. O mais importante, e determinante para eu me encaminhasse para a carreira científica, foi que meus pais não brigaram comigo por isso, ao contrário, meu pai resolveu me mostrar como o motor funcionava. Ele parecia fascinado com a minha fascinação. Conforme o tempo passava, ele me trazia outros objetos que achava que pudessem me interessar, como uma caixa de imãs da companhia de eletricidade e caixas de peças da companhia telefônica. Com oito anos ele me deu a câmera que ele usara quando criança. Antes que se passasse uma hora ela sucumbiu frente a minha curiosidade. Depois disso meu pai me trouxe um relógio mecânico e um kit de chaves de fenda de relojoaria, perguntando se eu seria capaz de

desmontá-lo e depois montá-lo novamente. Este foi o tipo de atitude sutil que manteve meu interesse pela ciência.

No primário eu aprendi quase nada de ciência, salvo o que era trazido na revista “Weekly Reader”. Lembro de ter lido sobre fônons lá. Já no ginásio foi diferente. Nós tivemos dois anos de aulas sobre saúde e ciências, seguidos por um ano inteiro de aulas sobre ciências. Havia o rumor de que meu professor de saúde e ciências, Mr. Miller, batia nos alunos que perturbavam suas aulas, e isso me deixou apavorado. Ele realizava testes semanais em sala baseados em seqüências de filmes mostrados na semana. Durante o primeiro teste eu estava tão assustado que mal pude escrever meu nome na folha de teste. Entretanto, quando Mr. Miller devolveu o teste ele disse que estava certo de que eu poderia fazer muito melhor do que isto e me



perguntou se haveria alguma coisa que ele pudesse fazer para ajudar. Com este simples ato de gentileza e preocupação ele já havia feito o bastante. Nos dois anos seguintes nenhum aluno em nenhuma das cinco turmas de Mr. Miller tirou notas mais altas do que eu em um único de seus testes.

No colegial foi o meu professor de química que me causou o maior impacto no meu modo de ver a ciência. Mr. Hock passara um tempo na pós-graduação em química e costumava explicar para suas turmas como se poderia aprender sobre a natureza fazendo as perguntas certas e então achando as respostas através da experimentação. Isto era bem diferente das minhas brincadeiras com eletricidade e pólvora, mas tão excitante quanto. Entretanto, eu devo admitir que poucos dos meus colegas de classe apreciavam os esforços de Mr. Hock.

Cursei o Caltech durante a graduação e tive a sorte de estar lá quando o Professor Richard Feynman estava ensinando física básica. Imaginem só, um homem brilhante gastando seu tempo com alunos do ciclo básico ! Muitos anos depois, quando o Caltech estava me oferecendo uma posição, eu lhe agradeci pelo presente acadêmico. No meu primeiro ano no ciclo profissional eu comecei a perder o interesse em me especializar em física. A Física parecia ser apenas uma lista sem fim de exercícios a serem resolvidos, algo que não me agradava muito. Eu comecei a achar desculpas

para não fazer os exercícios e minhas notas começaram a cair. Então, enquanto eu hesitava em relação à carreira que deveria escolher, o Professor Gerry Neugebauer me convidou para trabalhar no seu grupo de pesquisas em astrofísica. Logo descobri que a pesquisa era bem diferente das listas de exercício. Você tem de fazer cálculos, mas são cálculos que você *quer* fazer.

Na primavera de 1967 eu me formei bacharel em Física pelo Caltech. Talvez a coisa mais importante que eu aprendi no Caltech não tenha sido nada de Física, mas sim que astrofísicos não fazem experimentos. Eles apenas constroem instrumentos e fazem observações. Eles podem fazer as mesmas perguntas que Mr. Hock descrevia nas suas aulas de química para o segundo grau, mas eles não as responderiam fazendo experiências, mas sim através de observações. Eu queria fazer experiências. Eu queria controlar os sistemas que eu estudava, e desta forma os forçar a revelar seus segredos! Por isso mudei meu interesse de astrofísica para física da matéria condensada.

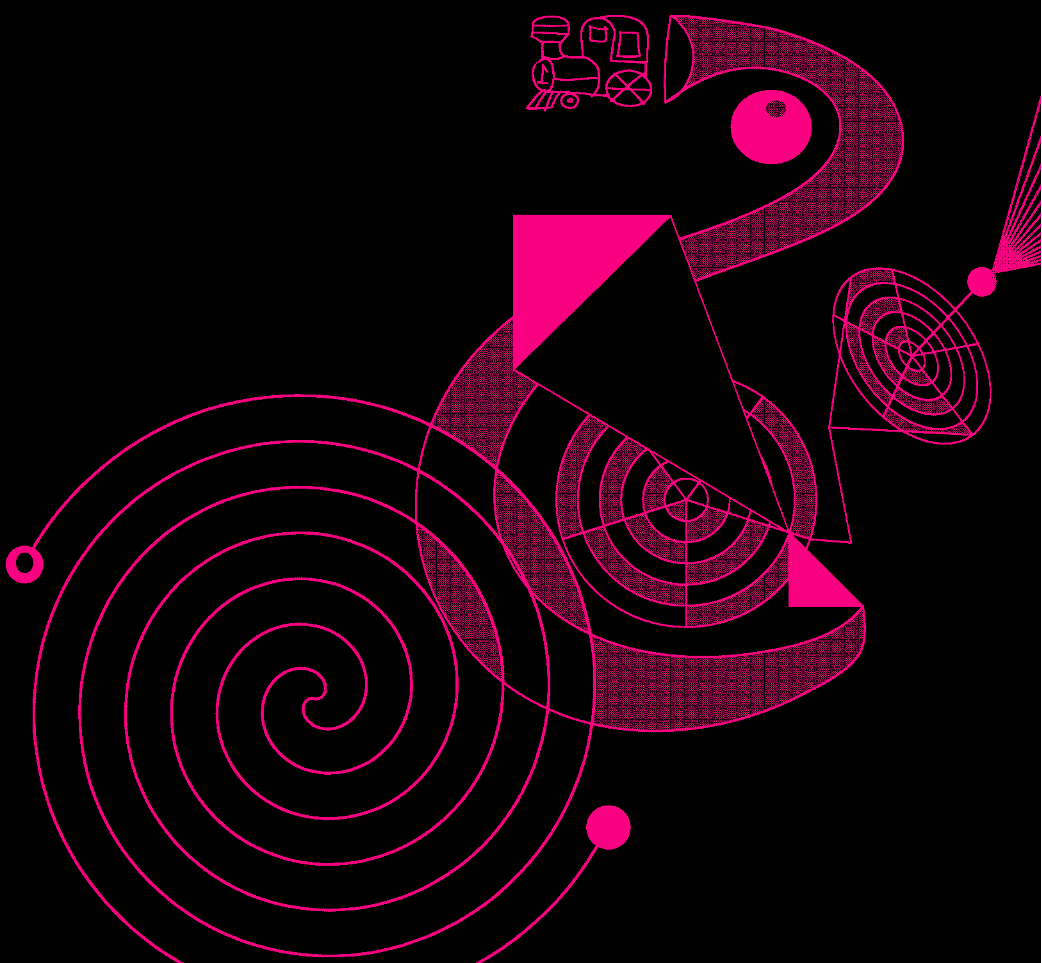
Fui para Cornell fazer a pós-graduação no outono de 1967. Esta era uma época incrível, já que tanta coisa estava acontecendo ao meu redor. Fiz mecânica quântica com Ken Wilson, que estava estudando tudo que podia sobre sistemas com transições de fase de segunda ordem a fim de aplicar as idéias de renormalização, que haviam sido desenvolvidas por teóricos de partículas, aos sistemas de estado sólido. Mais tarde ele ganhou o prêmio Nobel por esta contribuição. No entanto, foram dois seminários de estado sólido que mais me impressionaram. Ambos sobre novos mecanismos de resfriamento que eu sentia que iriam permitir aos cientistas estudarem a natureza em um estranho novo domínio. Ainda no meu primeiro ano de pós, eu comecei a construir um destes equipamentos, um refrigerador de diluição ^{3}He-^{4}He, capaz de resfriar objetos até 0.015 graus (Kelvin) acima do zero absoluto. Imaginava-se que o outro equipamento, chamado refrigerador Pomeranchuk, uma homenagem ao teórico Russo que o imaginou, fosse capaz de atingir temperaturas de 0.002 Kelvin. Projetei meu refrigerador Pomeranchuk durante o inverno do meu segundo ano de pós, na cama de um hospital enquanto me recuperava de uma cirurgia de joelho, por causa

de um grave acidente de ski. Em menos de três anos usei estes dois equipamentos para descobrir três fases superfluidas de ^{3}He. Estas fases eram o análogo neutro da supercondutividade, mas nestes casos os pares de Cooper que formam o condensado superfluido macroscópico têm graus de liberdade internos, spin e momento angular, tornando seu comportamento muito mais complexo. Estes foram os primeiros exemplos conhecidos de estados BCS 'não convencionais', neste sentido similares aos supercondutores de alta temperatura, descobertos quinze anos depois. Foi graças a essa descoberta que eu dividi o prêmio Nobel de Física de 1996 com meus dois professores.

Minha carreira envolveu descobrir e entender formas raras e exóticas de ordem na natureza. Estas incluem três fases superfluidas de ^{3}He líquido, duas fases de ordenamento de spin nuclear no ^{3}He sólido, que serve como modelo de sistemas magnéticos por causa da simplicidade das interações que levam à ordem; e um fenômeno chamado "localização fraca" no qual uma desordem fraca leva a um aumento da resistência elétrica em condutores quando a temperatura é reduzida. Também estudo as propriedades de vidros perto do zero absoluto, alguns dos sistemas mais *desordenados* da natureza. Até estes apresentam alguma espécie de ordem em temperaturas muito baixas. Para mim, a Física não é um conjunto de conhecimentos, nem apenas uma maneira de se pensar. Ela é a busca de uma vida inteira pelo conhecimento de como o universo se comporta e de como ele evolui. É a exploração de nosso universo. Enquanto eu puder fazer perguntas para as quais não há respostas, e então achar as respostas através da experimentação, eu serei um explorador.

Tradução João Paulo Pereira Nunes

Fazendo ciência experimental



Martin M. Perl

Centro do Acelerador Linear de Stanford

Menlo Park | CA | EUA

A imagem popular de um cientista e de como se faz ciência está muito longe da realidade e isto é uma das razões pelas quais tantos jovens se afastam de carreira científica. Por isto eu quero contar o que aprendi ao longo de cinqüenta anos fazendo experimentos em física. Vou resumir em 14 máximas o que aprendi e são estas máximas que tornam fazer ciência experimental prazerosa e excitante. Usarei exemplos da minha vida.

Você deve levar em conta sua personalidade e temperamento na escolha da sua ciência e seus interesses naquele campo.

Tenho uma visão mecânica do universo. Sou competente em matemática, mas não sou excelente em matemática, portanto tornei-me um experimental. Eu especulo sobre experimentos que possam ser interessantes, mas não faço trabalho em teorias físicas. Eu gosto de trabalhar com o equipamento porque sou muito habilidoso em termos mecânicos. Mas não tente enquadrar-se em nenhuma imagem particular do que cientistas deveriam ser. Você não precisa ser um gênio matemático ou um mecânico habilidoso. Você tem apenas que querer encontrar novas coisas sobre a natureza e você deve ter a força para continuar trabalhando num experimento quando ninguém sabe a resposta. O grande prazer ocorre quando você é o primeiro a saber a resposta.

O melhor é usar suas próprias idéias para experimentos.

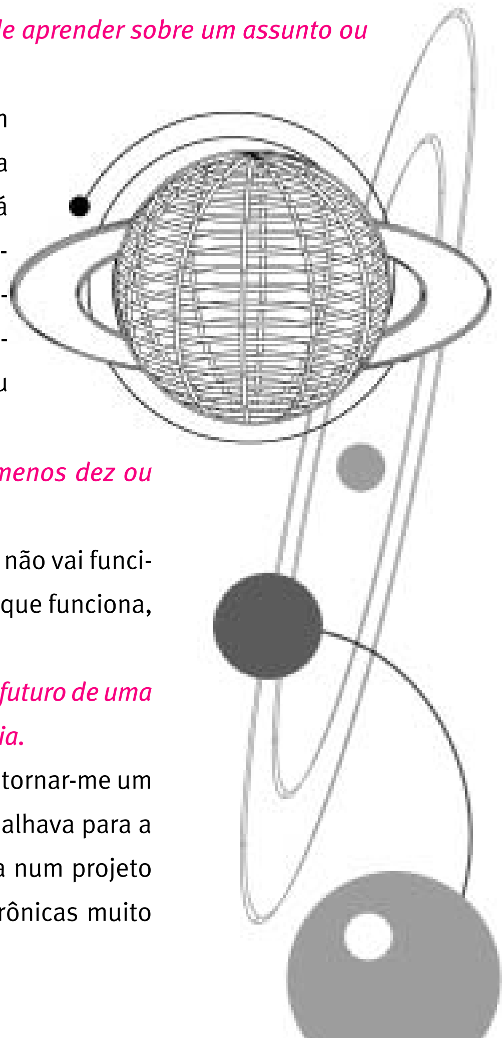
Nem sempre é possível usar suas próprias idéias porque você pode ser parte de um grupo científico maior, com objetivos bem definidos, mas é sempre mais divertido trabalhar nas suas próprias idéias.

Você não precisa ser um pensador rápido, ou ser rápido com as palavras. De fato é até melhor evitar este tipo de gente.

Quando você começa a ter uma nova idéia ela pode estar mal formulada, ou mesmo errada. Evite os boquirrotos que têm prazer em mostrar que sua idéia está errada. Isto porque trabalhando numa idéia que possa estar um tanto errada, freqüentemente você pode chegar a boas idéias. Isto toma tempo e você precisa de colegas que sejam solidários e que o apóiem, não críticos rápidos com a palavra.

Você não precisa saber tudo. Você pode aprender sobre um assunto ou uma tecnologia quando necessitar.

A ciência move-se muito rápido hoje em dia e, se você tenta começar em uma nova área, você pode acabar pensando que terá que gastar de início todo o seu tempo estudando o assunto antes de pular nele. O melhor é entrar de cabeça rápido e aí aprender o que necessita de colegas ou livros ou cursos ou por experiência.



Para cada boa idéia, espere ter pelo menos dez ou vinte idéias ruins.

Mas saiba que a maioria de suas idéias não vai funcionar, mas quando você tem uma boa idéia que funciona, aí é uma maravilha.

Com freqüência é impossível predizer o futuro de uma tecnologia usada em engenharia ou ciência.

Eu fui um engenheiro químico antes de tornar-me um físico e no final da década de 1940 eu trabalhava para a companhia General Electric. Eu trabalhava num projeto de P&D para fazer tubos de válvulas eletrônicas muito

pequenas de modo que os rádios pudessem ser menores e consumir menos potência. Neste meio tempo o transistor foi inventado nos Laboratórios Bell.

Você tem que estar interessado, ou mesmo encantado, por algumas das tecnologias ou matemática que você usa. Aí os dias ruins não são tão ruins.

Você sempre terá dias ruins quando faz ciência experimental, quando nada funciona ou você descobre que os desenhos ou projetos mudaram. É crucial que você esteja encantado com algumas partes do experimento de modo a sobreviver aos tempos ruins.

Outra vantagem de estar encantado pela tecnologia ou matemática usada é que será mais provável pensar em melhoras ou variações.

Esta é óbvia.

Você pode não gostar ou mesmo detestar algumas das tecnologias ou matemática usadas num grande experimento ou projetos de engenharia, e você pode ficar feliz em deixar estas áreas para seus colegas. Mas não se surpreenda se você tiver que abordar uma destas áreas você mesmo.

Eu comecei minha carreira como engenheiro químico e há muitas áreas da química de que eu não gosto. Mas o trabalho presente de busca de partículas com cargas elétricas fracionárias em material de origem meteorítica usa muita química coloidal. Tive que aprendê-la.

Você pode ser um fã da tecnologia ou matemática que você usa, mas não fique muito apaixonado. Pode haver um jeito melhor.

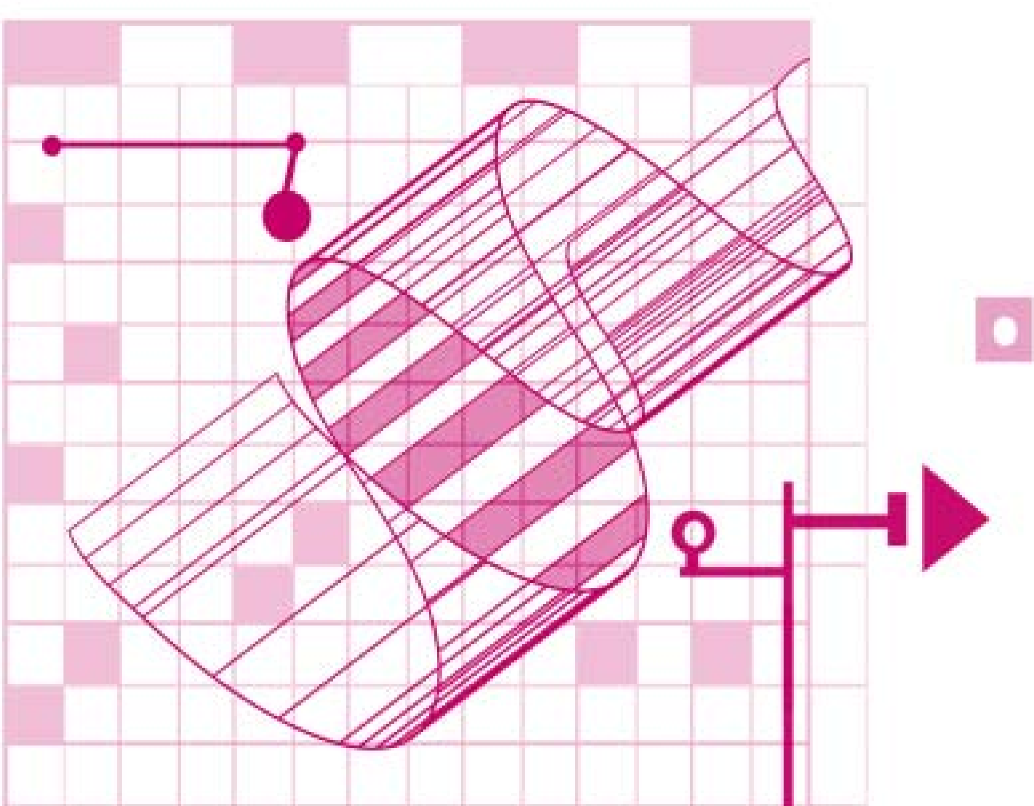
Esta é óbvia.

Você deve aprender a arte da obsessão em ciência e tecnologia.

Quando você está trabalhando em um experimento é importante estar obcecado por ele. Quando você acorda no meio da noite você deveria estar pensando no experimento. Mas em todos os experimentos chega um tempo em que você não pode melhorá-lo substancialmente ou quando alguém concebeu um experimento mais frutífero na mesma área. Então é tempo de terminar o experimento presente e seguir em frente. Esta é a arte da obsessão em ciência.

Em muitas áreas da ciência está ficando cada vez mais difícil ter tempo para fazer tanto o trabalho experimental quanto a teoria original. Em algumas áreas como física das partículas e astrofísica já é quase impossível .





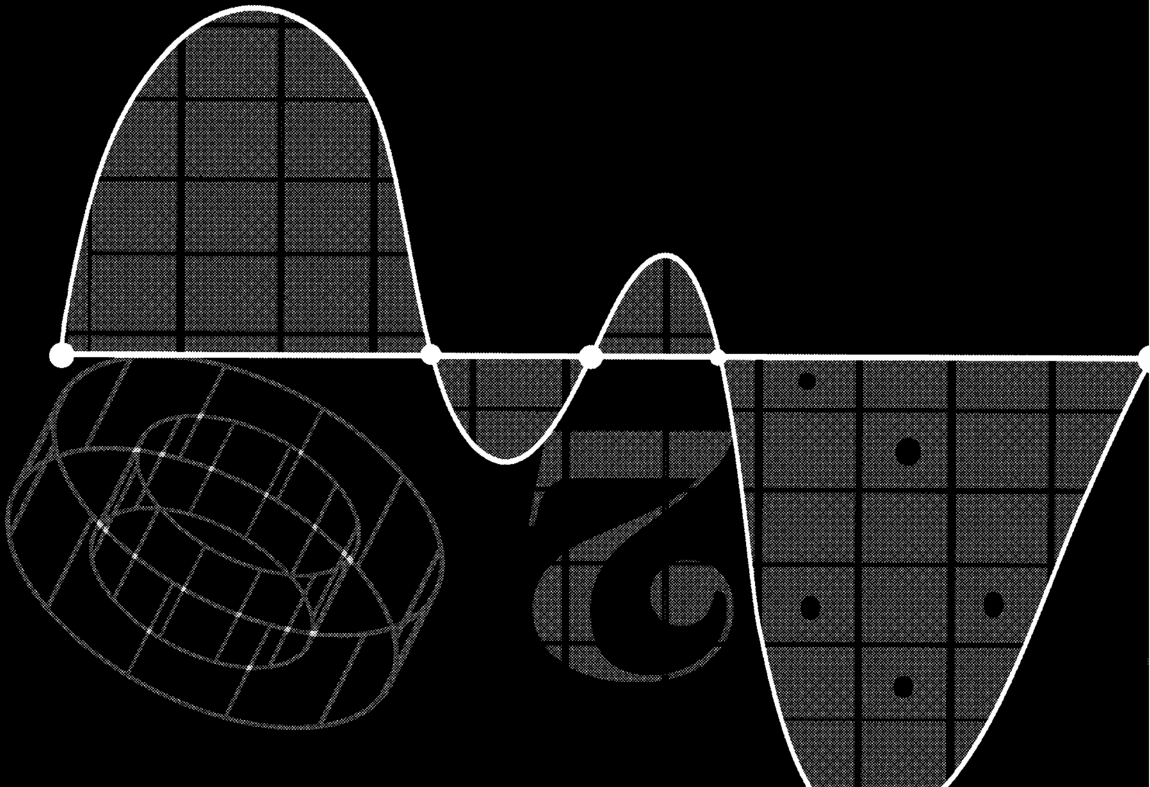
Em muitas áreas da ciência o desenho e construção do aparato experimental moderno tornou-se um trabalho de dedicação integral, assim como fazer trabalho teórico original. É triste, mas infelizmente não há tempo suficiente no dia e na noite para fazer ambos.

Teoria deveria ser uma boa companhia para o experimental, inventor ou engenheiro, às vezes liderando, às vezes seguindo. O experimental ou engenheiro não deve permitir que a teoria imponha a moda ou determine o que é importante.

Teoria, mesmo teoria muito especulativa veio a dominar o pensamento e a apresentação da ciência dentro e fora da comunidade científica. Nos dias atuais, experimentais fazem experimentos porque uma teoria, com freqüência uma teoria muito especulativa, sugere o experimento. Se você está fazendo o experimento de qualquer modo, você não gastará muito tempo testando a especulação, mas você ficará mais feliz e descobrirá mais sobre a natureza se você faz os experimentos nos quais acredita. No final, a validade da ciência depende dos resultados experimentais e das medidas.

Tradução Ronald Cintra Shellard

Você poderia ser uma matemática



Helen R. Quinn

Centro do Acelerador Linear de Stanford

Menlo Park | CA | EUA

Minha educação | Eu cresci na Austrália, em uma época e lugar onde jovens garotas não eram incentivadas a pensar sobre uma carreira a longo prazo. Nós deveríamos trabalhar por poucos anos antes de casar, nos estabilizarmos e construir uma família. Não apenas meus professores, mas também meus pais opinavam sobre o modelo esperado para minha vida. Nunca me ocorreu questioná-los. Assim, eu nunca sonhei com a vida que eu levo atualmente, como uma cientista com muitas colaborações em diferentes lugares do mundo e uma reputação internacional.

Felizmente, meus pais valorizavam imaginação e curiosidade. Eles não me trataram diferente dos meus irmãos na forma com que eles incentivavam estas habilidades, assegurando, ao mesmo tempo, que eu desenvolvesse as habilidades de que eu necessitaria para ser esposa e mãe. A escola em que eu fiz o primeiro grau foi também uma ótima escolha para mim, o programa básico tinha um estilo educacional progressivo, modelado sobre os pensamentos de John Dewey, que promovia motivação individual e desenvolvimento intelectual. O programa do segundo grau, embora mais formal e estruturado, foi afortunado devido à qualidade das mulheres que eram professoras. Mulheres inteligentes, quase todas soltei-

ras. Ensinar era uma das poucas carreiras abertas para elas. Elas valorizaram e apoiaram minha ânsia de aprender e me desafiaram a pensar.

Eu me lembro de uma vez, quando eu estava pensando a respeito do que poderia ser minha carreira, que minha excelente professora de matemática me disse *“Helen, você poderia ser uma matemática”* mas, logo depois de uma curta pausa, acrescentou “porque você é muito preguiçosa. Você se recusa a resolver um problema da maneira mais trabalhosa, então você pensa até encontrar uma maneira inteligente para resolvê-lo.” Eu não sabia se isso era um elogio ou não, mas estava surpresa pela sugestão de que poderia ter uma carreira como matemática.

Eu nunca decidi conscientemente que a ciência era o meu caminho. A primeira vez que pude decidir sobre quais assuntos eu gostaria de estudar foi no primeiro ano do segundo grau (10th grade). Quando eu sugeri um plano de estudos que não incluía o nível mais desafiante que a ciência oferecia, tanto meus pais quanto meus professores insistiram que não era a escolha correta para mim. Eu fiz os cursos que eles sugeriram. Nos próximos dois anos o número de matérias se reduziu e o conteúdo das mesmas aprofundou-se. Eu sempre fazia a maioria dos cursos que eu poderia fazer, incluindo todos os cursos de ciência e matemática. Acho que isso era em parte porque aqueles eram cursos em que eu me sobressaía e porque era constantemente incentivada pelo meu pai, que era um engenheiro.

Me formei aos 16 anos no segundo grau, e comecei na universidade de Melborne. A pedido dos meus pais eu me inscrevi para muitas bolsas de trabalho. Esse é um sistema em que uma companhia ou agência governamental financia estudantes nas universidades e em retorno o estudante é

requisitado a trabalhar para eles durante cinco anos após a graduação. Aceitei a oferta da bolsa de trabalho do Departamento Australiano de Metereologia para me tornar uma meteorologista.

Uma experiência de que eu me lembro claramente, foi quando estava trabalhando no Departamento Australiano de Metereologia no verão de 1959 ou 60, e os dados de satélite de nuvens se tornaram disponíveis pela primeira vez para os meteorologistas australianos. Como o clima de Melbourne vem sempre de uma direção onde não existe nada entre a costa mais próxima e a Antártica, a previsão se baseava somente em mapas de climas que eram uma extrapolação de dados muito limitados. Os mapas melhoraram enormemente com os dados do satélite. A diferença entre os dados e as extrapolações foi dramática. Minha visão cética das previsões teóricas atuais remonta àqueles mapas metereológicos antes dos satélites que eram feitas para Melbourne.

No meu segundo ano na universidade de Melbourne meu pai foi convidado para trabalhar nos EUA em uma companhia associada a uma pequena firma de engenharia que ele tinha dirigido na Austrália. A companhia americana ofereceu a mudança da família inteira para os EUA por três anos, ou mais tempo, se nos decidíssemos a ficar. Todos concordamos que uma es-

tada de três anos nos EUA seria uma experiência interessante. Ficamos lá por muito mais tempo do que isto!

Eu fui liberada do meu compromisso com a agência meteorológica; ninguém naquela época e naquele lugar esperaria que uma jovem, que ainda não tinha completado os dezoito anos, vivesse longe dos pais por três anos. Eu não sabia nada acerca do sistema de educação nos EUA. Me inscrevi em duas universidades que ficavam perto de onde minha família residiria; Stanford e a Universidade da Califórnia em Berkeley. Stanford foi condescendente aceitando os créditos das disciplinas que eu tinha feito na Austrália, então eu escolhi ir para lá. A especialização em física foi a mais fácil de completar. Eu pude concluir em um ano e três meses. Aqui devo agradecer a Jerry Paine, o professor de física a quem eu fui enviada para avaliar minha posição. Efetivamente, ele deixou que eu selecionasse o nível em que deveria ingressar. Foi assim que eu me tornei uma especialista em física.

Quando completei minha graduação, eu estava realmente interessada em física, e a faculdade de Stanford me incentivou fortemente a continuar os estudos na pós-graduação. Eu me inscrevi nos programas de PhD, embora duvidasse que eu pudesse completá-lo. Fiz isto simplesmente porque a escola mais interessante para mim não aceitava estudante para fazer o mestrado. Planejava secretamente obter o título de mestrado em um ano e depois me tornar uma professora de física de segundo grau. Simplesmente eu não tinha ainda a confiança de que eu pudesse ter uma carreira como física. Mas no final do primeiro ano eu estava fascinada com a física que eu estava aprendendo. Eu fiquei e me tornei uma física. A minha especialidade é a física de partículas.

Um breve resumo do resto da minha vida | Eu casei com um colega físico e começamos nossas carreiras com uma posição de pós-doutorando no DESY, que é um laboratório de física de altas energias em Hamburgo, Alemanha. Depois nos mudamos para Boston, onde meu marido dava aulas no Tufts e eu me tornei membro da faculdade de Harvard. Vivemos lá por sete anos, e nossos dois filhos nasceram nessa

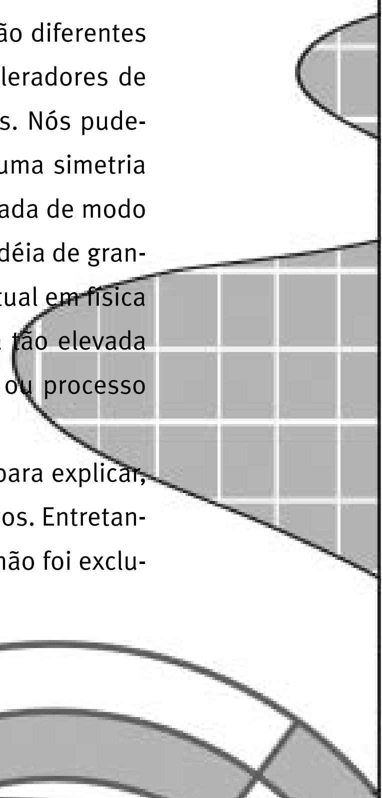
época (Eu era, e sou, esposa e mãe, tanto quanto sou física; na verdade, estou esperando ansiosa por me tornar avó este ano. Nós retornamos a Califórnia em 1976, quando meu marido começou uma nova carreira em "análise de decisão". Eu trabalho em SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) desde 1977.

Minhas maiores contribuições à ciência | Me pediram para falar sobre minhas maiores contribuições científicas. Para fazer isso eu primeiro preciso explicar um pouco sobre o nosso atual entendimento sobre as interações fundamentais ou forças da natureza. Hoje conhecemos quatro diferentes tipos de interações: gravidade, a qual você conhece bem porque a sente todos os dias; interações elétrica e magnética, que você provavelmente também já experimentou nos motores elétricos e imãs, e que no nível mais básico, são responsáveis por manter o elétron ligado ao núcleo formando assim o átomo; e dois outros tipos de interações que atuam dentro do núcleo atômico: a interação nuclear forte, responsável por ligar os quarks, os quais formam nêutrons e prótons, e também é responsável pelo fato que prótons e nêutrons se mantenham ligados no núcleo; e a interação nuclear fraca na qual um tipo de quark se transforma em outro, transformando assim um próton em um nêutron (ou vice-versa sob certas circunstâncias) com a emissão de algumas partículas muito leves que escapam do núcleo.

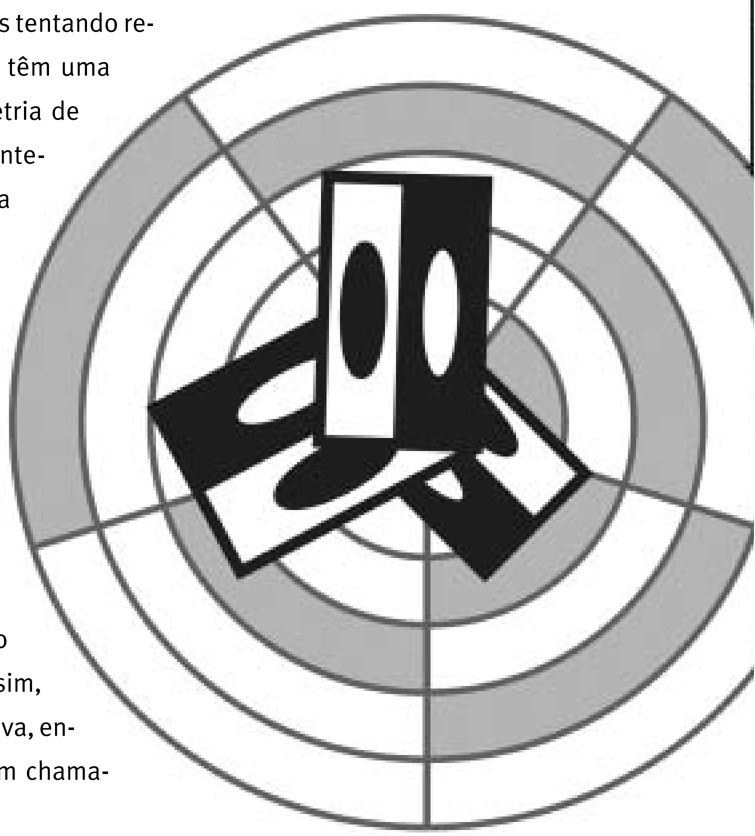
O primeiro entre os meus artigos de maior impacto foi publicado na época em que a teoria de partículas tinha reconhecido que as interações fortes eletromagnética e fraca tinham propriedades matemáticas muito similares apesar de suas grandes diferenças. A similaridade poderia ser uma evidência de que estas três interações poderiam ser aspectos diferentes de uma única ou unificada interação, esta idéia é chamada de "teoria de grande unificação". Mas se as interações são unificadas, então por que elas têm "forças diferentes"? Steven Weinberg, Howard Georgi, e eu compreendemos como isto poderia ser.

Nós sabemos que a força (intensidade) da interação depende da energia com que as partículas interagem, e que diferentes interações trocam

força a diferentes taxas. Nós descobrimos a existência de uma escala de energia muito alta na qual as três interações que parecem tão diferentes das energias usuais, ou mesmo nos experimentos com aceleradores de altíssimas energias, poderiam realmente parecer as mesmas. Nós pudemos também explicar como a simetria na teoria unificada, uma simetria que relaciona estas diferentes interações, poderia ser quebrada de modo que suas forças se diferenciariam a energias mais baixas. A idéia de grandes teorias unificadas é ainda muito presente na pesquisa atual em física de partículas, ainda que a escala de energia envolvida seja tão elevada que não exista nenhuma evidência concreta das partículas ou processo adicionais previstos por tal teoria.



Minha segunda maior contribuição é ainda mais técnica para explicar, e, além disso, ainda precisa ser confirmada pelos experimentos. Entretanto também faz parte de muitas teorias atuais, e certamente não foi excluída como resposta ao quebra-cabeça que nós, Roberto Peccei e eu, estamos tentando resolver. As interações fortes têm uma propriedade, chamada simetria de CP (carga e paridade), que interações fracas não têm. Esta propriedade significa que as leis da física para a matéria e para a antimatéria são exatamente imagens no espelho uma das outras. (A antimatéria tem sido observada no laboratório, então nós sabemos que ela existe, é muito parecida com a matéria, exceto com a inversão de carga, assim, antiprótons têm carga negativa, enquanto antielétrons, também chama-



dos pósitrons, têm carga positiva). O quebra-cabeça é que, na nossa teoria padrão de física de partículas, se você não tem a simetria especular de matéria- antimatéria para as interações fracas, então a falta de simetria afetaria quase automaticamente as interações fortes também.

Nós descobrimos uma classe de teorias, extensões da teoria padrão, que conserva todas as boas propriedades, mas evita esta contaminação. Como um bônus adicional, resulta que estas teorias predizem um novo tipo de partícula que interage muito pouco com a matéria e então é um possível candidato para explicar a misteriosa matéria escura que preenche o universo. Estas partículas são chamadas axion. Não é a única possível partícula para a matéria escura, mas é uma possibilidade interessante. Muitos experimentos que estão em curso podem possivelmente detectar os axions, se eles são mesmo os constituintes da matéria escura na nossa galáxia. Até agora eles não foram detectados, mas essa possibilidade ainda não foi excluída.

Talvez eu viva para ver uma ou outra dessas idéias confirmadas por uma exata evidência experimental, talvez não. Um dos desafios desse tipo de trabalho teórico é a dificuldade em testá-lo. A maioria das minhas pesquisas está próxima aos experimentos, mas este trabalho é mais uma questão de examinar detalhes de uma teoria e não dá o tipo de reconhecimento que idéias mais audaciosas dão. Estas idéias são julgadas primeiramente pelo seu impacto no pensamento dos outros, somente muito mais tarde nós realmente descobrimos se elas são idéias corretas sobre como funciona a natureza.

Tradução Ana Amélia Bergamini Machado


A ciência
é uma busca
sem fim

Martin Rees

Universidade de Cambridge

Cambridge | Reino Unido

Todo ramo da ciência às vezes fica estagnado e às vezes salta à frente. Nos anos 60, quando eu era estudante, buracos negros eram uma idéia dos livros de ficção, e nós tínhamos acabado de obter as primeiras pistas firmes de que nosso universo começou com um Big Bang.

Era uma boa época para iniciantes em cosmologia – quando tudo que se sabe é recém-descoberto, a inexperiência não é uma grande desvantagem. Trinta anos mais tarde, o ritmo das descobertas continua alto como antes.

Eu mesmo sou um teórico puro, tentando dar sentido ao que é descoberto, mas o crédito maior não deve ser dado a pessoas como eu, mas àqueles que projetam e constroem instrumentos, seja no chão ou no espaço.

A maioria das pessoas já ouviu falar do telescópio espacial Hubble, mas agora estamos aprendendo tanto quanto – e de forma muito mais barata – com telescópios gigantes no solo. O mais impressionante é o *European Southern Observatory's Very Large Telescope* (VLT), em um cume no norte do Chile, um dos lugares mais secos e com o céu mais limpo do mundo, que consiste de uma rede de quatro espelhos, cada um com oito metros de comprimento.

Grandes telescópios são em algum sentido como máquinas do tempo.

Eles revelam galáxias tão distantes que sua luz levou bilhões de anos viajando até nós.

Nós vemos essas galáxias como eram no passado remoto – muito cedo em sua evolução – quando ainda eram constituídas principalmente de puro hidrogênio primitivo.

Cosmólogos têm uma vantagem sobre, digamos, os geólogos que tentam estudar o passado da Terra. Nós podemos ver de fato a história do cosmos desdobrada, em vez de simplesmente inferindo a partir de evidências fósseis.

Se me pedirem para descrever o objetivo de minha pesquisa em apenas uma frase, eu diria que é mapear como nosso universo evoluiu de seus simples primórdios até o estado atual; até o panorama de bilhões de galáxias, cada uma com bilhões de estrelas.

Em um planeta de uma dessas estrelas, o Sol, algo aconteceu que é mais maravilhoso do que qualquer coisa no mundo inanimado: a emergência de uma biosfera complexa, contendo seres conscientes como nós, capazes de ponderar sobre as origens dos átomos de que somos feitos.

Nós todos, é claro, imaginamos se isso teria acontecido em algum outro lugar. Há vida espalhada pelo universo? Ou seremos os únicos?

Perspectivas de vida avançada no nosso sistema solar parecem desanimadoras, mas na próxima década saberemos mais sobre se há “amebas” em Marte; e sondas espaciais podem até encontrar formas de vida exóticas sob os oceanos congelados de Europa, uma das luas de Júpiter.

O nosso sol é apenas um entre bilhões, mas há dez anos atrás não sabíamos se outras estrelas possuíam planetas orbitando ao seu redor. Nós agora sabemos que outros sistemas planetários são comuns.

Eu apostaria alto que há milhões de planetas semelhantes à Terra orbitando outras estrelas na nossa galáxia. Mas não apostaria se qualquer um deles abriga vida: nós não sabemos o suficiente para dizer se o surgimento da vida é comum ou incomum.

Mas agora entendemos muito mais sobre como a nossa Terra se formou e sobre seu lugar no cosmos. Quando tínhamos apenas um único exemplo de sistema solar, era difícil ter noção sobre isso; seria como inferir a evolu-

ção biológica a partir de um único rato.

Pode parecer arrogante pretender entender tudo sobre o universo. Mas realmente não é. O que faz as coisas serem difíceis de entender é o quão complicado elas são, não o quão grande elas são.

Uma estrela é muito mais simples do que um inseto. Não há química complicada dentro de estrelas; elas são tão quentes que qualquer coisa é quebrada até átomos simples. Por outro lado, mesmo nos menores organismos vivos, átomos são ligados entre si camada sobre camada de intrincadas e complicadas estruturas. Biologia é, em certos aspectos, um assunto muito mais difícil do que astronomia.

Nós somos, em tamanho, um ponto médio entre átomos e estrelas. São necessários tantos corpos humanos para fazer uma estrela quanto átomos em um de nós. E nós devemos nossa existência às estrelas, pois foram elas que fizeram esses átomos.

Estrelas se mantêm brilhando pela fusão nuclear, uma versão controlada do que ocorre em uma bomba de hidrogênio. Esse processo transforma o hidrogênio, o átomo mais simples, em carbono, oxigênio e em outros átomos de que somos constituídos. Quando as estrelas terminam sua vida, explodem como supernovas, lançando os dejetos no espaço que então se condensam em novas estrelas e planetas.

Se você for menos romântico, pode dizer que somos lixo nuclear do combustível usado pelas estrelas para brilharem.

Quase todo mundo aceita o conceito de Big Bang; a idéia que tudo começou em um estado quente e denso. Podemos ser confiantes quanto às condições segundos após o Big Bang. A temperatura era de um bilhão de graus. Mas e quanto a antes disso, a pequena fração de segundo quando tudo era ainda mais quente e mais denso?

Para entendermos o início, precisaremos de algumas inovações nos nossos conceitos de espaço e tempo; uma nova teoria das forças da natureza que combine a gravidade com o mundo quântico.

Provavelmente a idéia de que o espaço tem três dimensões e o tempo

apenas passa no tique do relógio será transcendida. Precisaremos visualizar o mundo em dez dimensões no lugar das três de que temos consciência.

Freqüentemente me perguntam qual o impacto disso tudo na religião e filosofia. Fico com medo de que minha resposta seja tola. Eu não acho que a interação entre esses assuntos hoje seja diferente do que era há trezentos anos atrás, nos dias de Sir Isaac Newton.

Newton podia explicar algumas características do cosmos – por que os planetas se movem em órbitas com determinado formato, por exemplo – mas ele não podia explicar como o sistema solar, com o Sol, planetas e cometas, tinha se formado.

Nós agora entendemos isso; os planetas se formaram de um disco de poeira rodopiando em torno de um sol recém-formado. Podemos traçar a cadeia de acontecimentos até antes das galáxias se formarem, até os segundos iniciais do Big Bang. Mas em algum momento ainda teremos que dizer que “as coisas são como são porque foram como foram”.

E a ciência nunca nos dirá o porquê de haver um universo, o que injeta vida em nossas equações já que elas são baseadas em um cosmos real. Nós ainda nos confrontamos com uma barreira, assim como Newton se confrontava.

Cosmólogos reagem a isso de várias maneiras, alguns sendo religiosos, outros não – assim como era no século XVII.

Mas os cosmólogos aprenderam uma coisa que, acho eu, afeta a maneira de como nos vemos, e o lugar da humanidade na natureza; que o futuro que temos pela frente é mais prolongado do que o passado.

Nossa biosfera levou quatro bilhões e meio de anos para evoluir, mas o Sol não ficará sem combustível pelos próximos cinco bilhões de anos; é menos do que a metade de sua jornada pela vida. O universo inteiro pode continuar se expandindo para sempre. Nessa perspectiva, os humanos estão longe do topo de sua evolução; talvez ainda estejamos no seu começo.

É intrínseco a qualquer ciência – e parte de seu apelo – ser uma busca sem fim. Cada avanço nos traz à vista um novo conjunto de questões.

Nós certamente estenderemos nosso conhecimento no novo milênio,

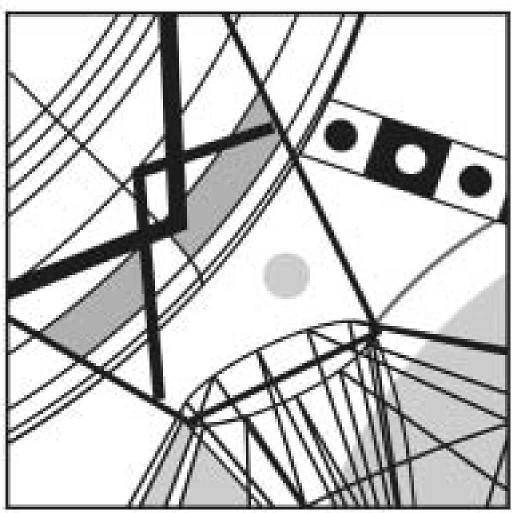
mas talvez alguns aspectos da realidade estejam para sempre além do que o cérebro humano pode conceber. Esses aspectos permanecerão como mistérios esperando por inteligências mais poderosas, naturais ou artificiais.

Mas o que realmente me impressiona é que nós fizemos avanços: que somos capazes de discernir muitos padrões na natureza e temos um mínimo de noção de nosso habitat cósmico.

Alguns séculos atrás, os navegadores pioneiros descobriram o tamanho e o formato da Terra e rascunharam os contornos dos continentes. Nós agora estamos mapeando nosso universo inteiro e descobrindo do que ele é feito. Há muito mais informação do que antes. Além do mais, elas são muito mais acessíveis. Você pode acessá-las de qualquer lugar do mundo.

Esta é uma época excelente para os jovens embarcarem em uma carreira científica.

Mesmo sendo um cientista de meia-idade não é de todo mal.



Tradução Rafael Serra Perez

O desafio de enfrentar o desconhecido



Sergio Rezende

Instituto de Física
Universidade Federal de Pernambuco

Recife | PE | Brasil

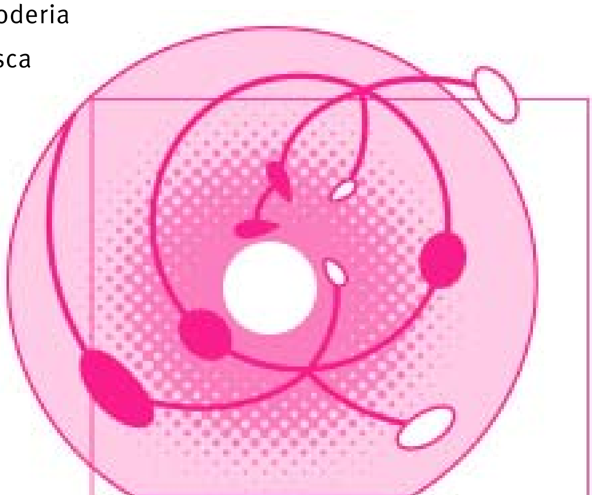
Nascido no Rio de Janeiro, Sérgio Machado Rezende ocupou diversos cargos políticos de grande importância para a ciência no Brasil. Foi diretor científico da FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco), Secretário Estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco, presidiu a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), chegando a assumir a pasta de Ministro da Ciência e Tecnologia, sem, contudo, ter parado de trabalhar em suas pesquisas sobre Materiais Magnéticos. Uma trajetória de grande sucesso para alguém que pensa que sua história, até se tornar um verdadeiro físico, "não é muito ortodoxa para as pessoas que fazem Física". Conta que quando começou a aprender Física e Matemática no equivalente ao segundo grau de hoje, descobriu, pelas mãos de seu professor, um desafio que não conhecia em outras matérias. Foi desafiado pelo fato de ser apresentado a um problema e precisar construir a solução, única, lançando mão de fórmulas matemáticas e raciocínios lógicos para encontrá-la. Segundo ele, teria sido essa a razão por que passou de um aluno mediano no 1º. grau, como se define, a um dos melhores alunos de sua turma: "principalmente em Física e Matemática. E depois em Química também".

Isso se passou em meados da década de 1950, quando também decidiu

entrar para o curso de Engenharia. Passou em alguns vestibulares, mas decidiu por fazer na PUC do Rio de Janeiro o curso de Engenharia Eletrônica. Eletrônica já era seu passatempo. Fora das aulas, montava e desmontava rádios com seu tio, que era radioamador. Mas sempre, mesmo que de longe, era atraído para a Física, e no 3º. ano da faculdade era monitor do laboratório de Física Básica. Em seguida, teve bolsas de iniciação científica, sempre orientado por físicos, e em dois assuntos ligados à Física: primeiro, radioatividade e Física Nuclear; depois, microondas. Ao se formar não sabia exatamente o que pretendia fazer, só queria continuar estudando: “queria me aprofundar mais”. E assim foi para os Estados Unidos, fez mestrado e doutorado por lá. Foi lá, durante seu doutoramento, que tomou gosto pela vida acadêmica realmente: “No doutorado mergulhei na pesquisa”. Seus trabalhos desta época foram publicados em revistas de Física Aplicada. Conta que esse foi o início de sua carreira de pesquisador em Física.

Quando retornou ao Brasil, em 1967, foi prontamente contratado para o Departamento de Física da PUC do Rio de Janeiro, para trabalhar com Física Aplicada. Em pouco tempo, Rezende tinha mais um desafio: trabalhar também com teoria, influenciado pelo clima da universidade, que nesta ocasião não dispunha de grandes laboratórios na sua área, Matéria Condensada. Ele conta que, a partir daí, e durante toda a sua carreira, se dividiu entre teoria e experiência. Aconselha aos teóricos que mantenham sempre em mente os resultados experimentais. Ele próprio se define como “um experimental que gosta de explicar tudo o que está acontecendo”.

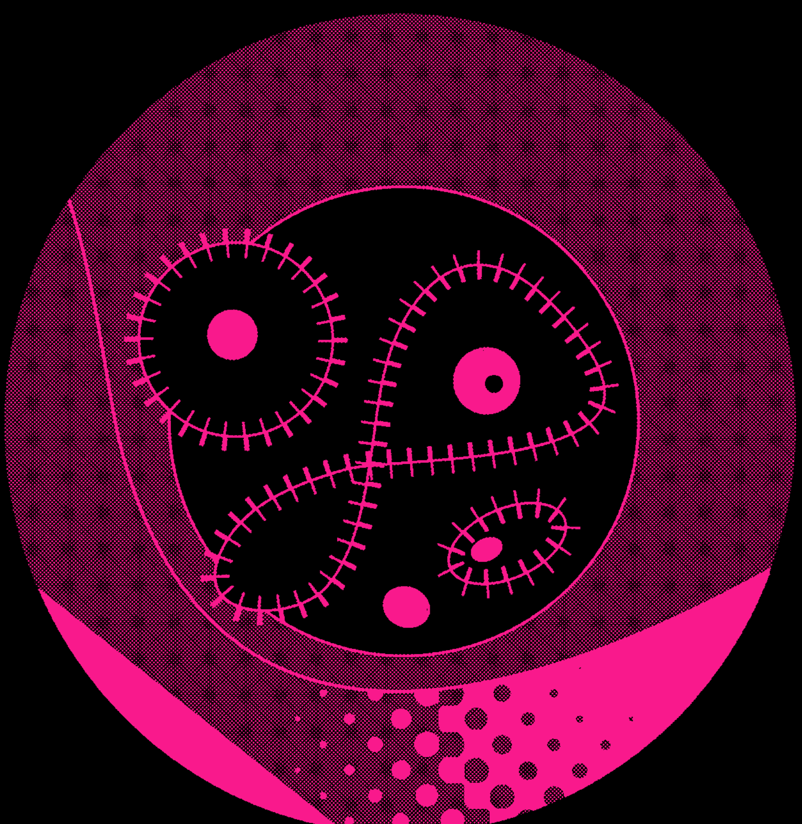
Quando saiu para a pós-graduação fora do Brasil, algumas pessoas o alertaram que isso poderia comprometer sua busca por emprego ao retornar. “Até uma certa idade eu não me preocupava muito com o meu futuro, nem pensava na minha aposentado-



ria", ele lembra e acrescenta: "a vantagem que o jovem tem é esse desprendimento em relação às coisas, uma certa ousadia que uma pessoa mais velha acaba não tendo mais, fica mais conservadora. Muitos dos melhores resultados em pesquisa acontecem porque as pessoas ousam!". Sérgio Rezende sustenta que essa postura ousada e desafiadora é sempre útil para um pesquisador, e é o que o leva a fazer coisas que os outros não fazem, a enxergar possibilidades antes não vistas: "O que pode motivar um pesquisador a explicar o que acontece ao redor da gente é ter o desafio de enfrentar o desconhecido".

É este desconhecido, que Rezende está sempre pronto a desafiar, que fez com que ele criasse um grupo de pesquisa, hoje bastante forte, na Universidade Federal de Recife, em Pernambuco. Ao voltar dos EUA, já com filhas (ele tem três), Rezende não estava completamente feliz morando no Rio, onde nasceu e cresceu, e dando aulas na PUC. Neste período, foi orientador de dois estudantes de mestrado vindos de Pernambuco. Esses dois rapazes, juntamente com outros três que estavam em São Paulo, tinham como objetivo maior terminar o mestrado, voltar ao Recife e criar um grupo de pesquisa em Física por lá. Através de Sérgio Mascarenhas, "que é um físico pioneiro", acrescenta, conseguiram apoio no CNPq para esta empreitada, em forma de um convênio que possibilitaria a volta dos cinco mestres, e mais um doutor, para formar a base deste grupo. Eles ainda precisavam de alguém com doutorado e mais experiência, logo, Sérgio Rezende topou mais esse desafio, e aceitou o convite, a princípio para ficar três ou quatro anos, e voltar depois para a PUC ou para a Unicamp, onde tinha trabalhado por alguns meses antes de ir para Pernambuco. O fim dessa história ele conta com suas palavras: "Quando eu fui pra Recife, eu tinha dois contratos, um na PUC e outro na Unicamp. Suspendi os dois. Fiquei lá. Me tornei pernambucano, já estou lá há 33 anos. Hoje eu sou pernambucano!". Indaguei sobre seu sotaque, ainda um pouco carioca: "Os outros lugares eu viajo, passo, mas lá é que me sinto em casa. É lá que é a minha casa".

Nós precisamos de vocês



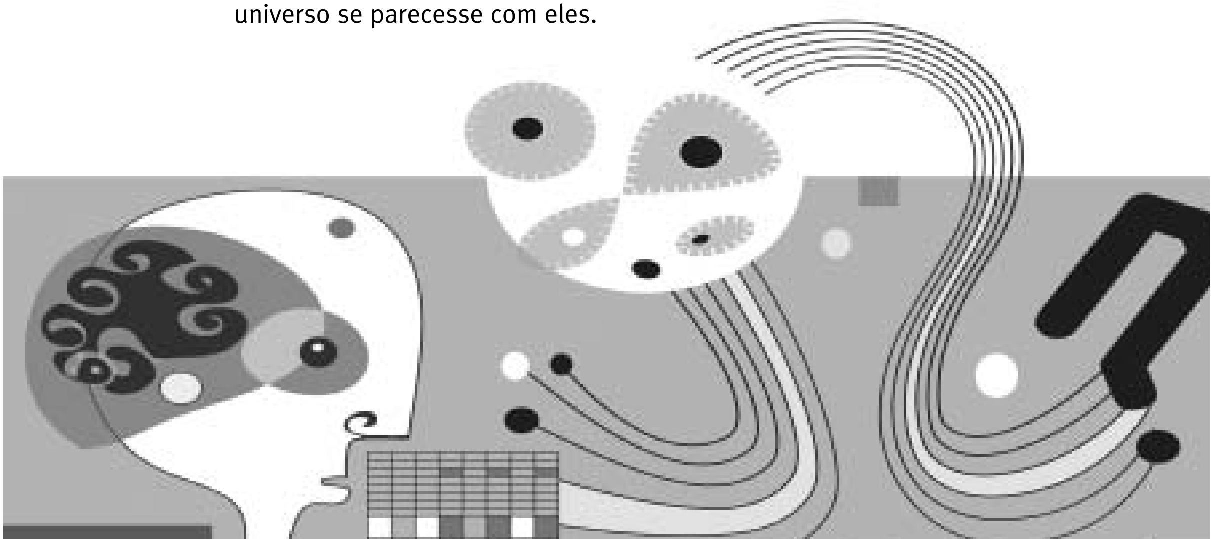
85

Vera C. Rubin

Instituto Carnegie de Washington

Washington | DC | EUA

Quando era uma adolescente em Washington, DC, eu tinha minha cama abaixo de uma janela virada para o norte. Eu achava mais interessante observar o céu do que dormir. Eu esperava as estrelas se moverem em arcos ao redor da estrela do norte; eu via um meteoro ocasional. O mistério e a magnificência do céu noturno cativou-me, e eu não poderia me imaginar vivendo sobre a terra sem tentar entender o que eu estava vendo. Eu sabia que havia continentes e oceanos e que um mapa da terra se parece com eles. Eu agora queria aprender sobre galáxias e estrelas e planetas, e que um mapa do nosso canto do universo se parecesse com eles.



A livraria local forneceu livros. Meu pai me ajudou a construir um telescópio, e amigos nos levaram a áreas rurais da Virginia para obter melhores visões do céu. Até hoje, eu acho a visão de estrelas brilhantes contra o céu escuro de um observatório no topo de uma montanha remota a mais extraordinária visão da terra. No observatório do sul, onde o céu é escuro e a região central da Via Láctea brilha intensamente sobre a cabeça (e até lança sombras), eu posso olhar a ampla extensão da Via Láctea e entender que eu estou posicionada sobre um minúsculo planeta no espaço, vendo o plano principal de minha galáxia. E é maravilhoso saber isso.

Eu sou uma cientista porque eu me apaixonei por um estilo de vida que me permitiria ser uma eterna aprendiz, aprender o que é conhecido a respeito do cosmos. A beleza, o escopo ilimitado, e a estrutura cumulativa da ciência fez da astronomia minha escolha profissional.

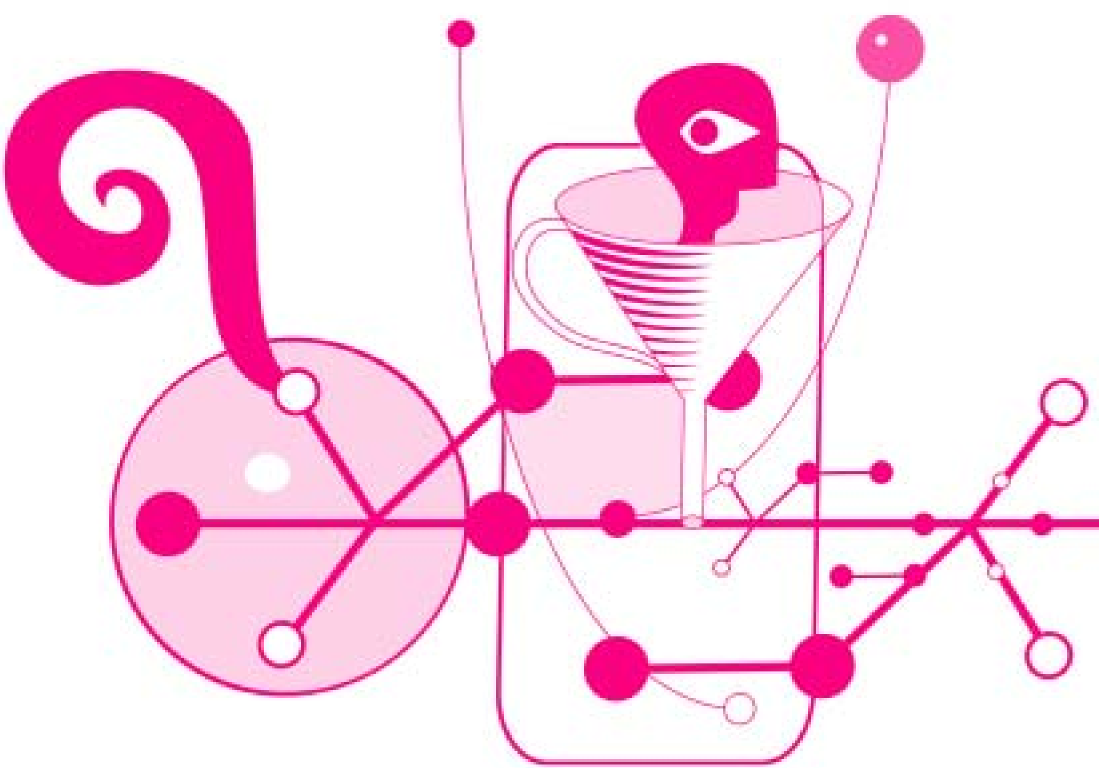
Eu entrei na instituição de ensino superior Vassar, um colégio de mulheres, com uma bolsa de estudos para estudar astronomia. Maria Mitchell ensinou astronomia lá de sua abertura em 1865 até 1888. Mas em 1945, nos Estados Unidos a Astronomia era ensinada principalmente em instituições de ensino superior privadas que não admitiam mulheres. Continuando a subir os degraus para minha carreira científica, meu marido e eu nos mudamos de Cornell para Washington, DC, onde eu completei meu doutorado na universidade de Georgetown, e escrevi minha tese com George Gamow, o renomado físico/cosmólogo que era professor na Universidade George Washington. Por esta razão, a minha entrada no mundo da pesquisa em astronomia não foi convencional, porque eu não cursei uma faculdade que "tradicionalmente" formava astrônomos. Conseqüentemente, meus primeiros estudos foram não-ortodoxos.

Na época em que era uma jovem professora assistente na Universidade de Georgetown, eu estudei as regiões de galáxias distantes, na maioria das vezes desconhecidas. Diferentemante dos centros das galáxias, que estavam sujeitos à ativa observação e estudo, as partes externas de galáxias eram desprezadas. Eu escolhi um programa de pesquisa no qual eu poderia trabalhar no meu próprio ritmo, sem competição com outros astrônomos. Como esposa e mãe de quatro jovens ativos, eu sabia que con-

ciliar família e carreira poderia funcionar, mas requeria considerações especiais e atenção especial.

Combinar uma carreira científica com uma família ativa foi possível e divertido por causa do apoio do meu marido matemático/biólogo, Bob, e por causa das oportunidades oferecidas a mim pela Instituto Carnegie de Washington. Allan, nosso filho mais novo, recentemente lembrou que quando era criança, ocasionalmente perguntava onde a mãe estava. E a resposta, "Ela está observando", acalmava-o, porque todos pareciam contentes embora Allan não soubesse o que "observando" significava.

A junção de família, ensino e pesquisa era complicada, de modo que em 1965 eu mudei para o Departamento de Magnetismo Terrestre (DTM), um departamento do Instituto Carnegie de Washington. No DTM, Dr. Kent Ford tinha construído precisamente um espectrógrafo de tubo de imagens em estado de arte que tornou possível determinar velocidades orbitais de estrelas localizadas nos limites externos pálidos de suas galáxias.



Durante os 15 anos seguintes, Kent e eu estudamos velocidades orbitais de estrelas e gás em mais de 100 galáxias. Em cada galáxia, as velocidades orbitais em regiões externas eram muito mais rápidas do que velocidades esperadas da distribuição de luz na galáxia.

Nós fomos forçados a concluir que a maior parte da matéria numa galáxia é escura. É a aceleração gravitacional dessa “matéria escura” que faz com que as estrelas se movam a velocidades inesperadamente altas, e as impede de escapar espaço afora.

Assim, a distribuição de matéria numa galáxia é MUITO diferente da distribuição de luz.

Estudar algo que você não pode ver é difícil, mas não impossível. Não surpreendentemente, a matéria escura é detectada pelo seu efeito sobre a matéria brilhante que nós podemos ver. Podemos deduzir poucas características da massa escura: ela é menos concentrada ao centro da galáxia do que é a matéria brilhante; ela se estende muito além dos limites óticos de uma galáxia; sua forma é menos achatada do que a de um disco; não é radiante em qualquer comprimento de onda. Numa galáxia espiral, ao menos 90% da matéria são escuras. Assim, os átomos e moléculas que compõem nossos corpos e compõem o universo luminoso não são os principais constituintes do universo. Conglomerados de matéria escura que se formaram no universo muito novo podem ter sido regiões onde a matéria decaindo viria posteriormente a formar galáxias.

Nos anos 30 Fritz Zwicky concluiu que a matéria escura existiu em aglomerados de galáxias, mas esse resultado não foi então aceito amplamente.

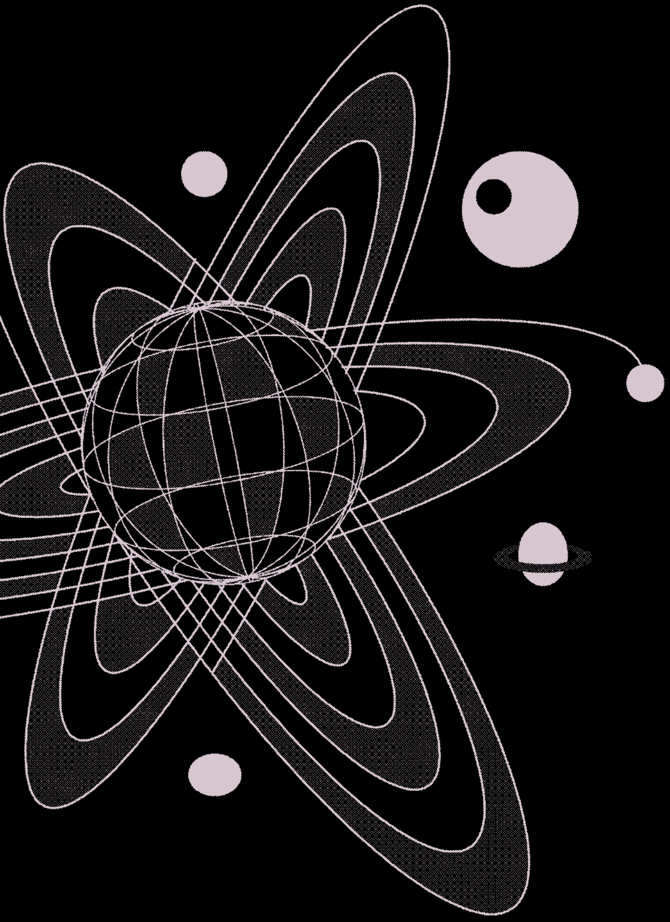
Com a nova evidência de velocidades de alta rotação em galáxias, os argumentos para a existência de matéria escura se tornaram persuasivos.

Há uma advertência a essa evidência. No início do século 20, físicos descobriram que para domínios tão pequenos quanto átomos e núcleos, as leis da física convencional não eram válidas. Só agora foram testadas as leis de Newton em escalas tão grandes quanto galáxias. Aqui também, elas falham, mas nós atribuímos a falha à existência de massa escura. Até identifiquemos o que é a matéria escura, nós não podemos rejeitar a possibilidade de que a teoria gravitacional de Newton deva ser modificada para distâncias tão grandes quanto galáxias. Melhor seria uma nova cosmologia que resolvesse várias das principais questões de uma vez: o que é matéria escura, o que é energia escura, se nós entendemos corretamente a evolução do universo.

Possivelmente tudo o que sabemos acerca do universo nós aprendemos nos 400 anos desde que Galileo usou seu novo telescópio para ver que a Via Láctea consiste de inumeráveis estrelas agrupadas em aglomerados. Na hora certa, você pode descobrir que há dimensões escondidas, tempo escondido, talvez que nosso universo não é o único universo. Para aqueles que se interessam por ciência, eu dou o seguinte conselho: não desista. Nós precisamos de vocês. Não há um de vocês que não possa vir a dar contribuições maiores a nosso conhecimento. Você também pode ser um cientista, e ao longo do caminho fazer outros também se interessarem pela ciência. Eu espero que você se divirta fazendo ciência tanto quanto eu me diverti aprendendo a respeito do universo.

Tradução Romulo Ferreira Abreu

Sorte, dedicação e perseverança



Roberto A. Salmeron

École Polytechnique

Paris | França

Desde 1967, Roberto Salmeron é professor da École Polytechnique em Paris, França, uma das mais importantes escolas de engenharia do mundo. Ele é um pesquisador de bastante destaque em sua área de pesquisa, a física das partículas elementares, como ele mesmo explica: "É o estudo das partículas que constituem a matéria e das leis que regem as forças existentes entre elas em todo o universo". Foi falando assim de forma clara e precisa, mesmo sobre os assuntos mais complicados, que Salmeron conquistou o respeito e admiração dos estudantes. "Desde que decidi ser físico, minha opção nunca foi fazer somente pesquisa, mas sim, aliar a pesquisa ao ensino. Não posso conceber pesquisa sem ensino, nem ensino sem pesquisa".

Começou a dar aulas por necessidade, precisava ajudar no sustento da família, e acabou com isso aprendendo, ainda no curso de Engenharia, a apreciar, nas suas palavras, a beleza da física, o rigor da sua lógica e, sobretudo, a concisão das suas idéias.

Até terminar a faculdade, nunca havia pensado em ser outra coisa além de engenheiro. Salmeron nasceu em São Paulo em 1922, numa família de imigrantes europeus sem recursos. A influência da família na opção profissional é, para ele, fundamental, ainda que muitas pessoas não tenham essa

consciência: “ A influência se faz sentir na vida de todos os dias, nas pequenas ações, nas pequenas conversas, nos pequenos estímulos ou nas pequenas críticas”. Ele conta como isso interferiu na sua escolha: “No ambiente familiar modesto, desde os mais longínquos tempos que tenho na memória, ouvi meu pai e meu avô dizerem: Roberto não será operário, será engenheiro. A idéia se tornou natural para mim, a certeza de que seria engenheiro. Durante os estudos nunca pensei em ser outra coisa”. Mesmo gostando de física e matemática, ele explica: “Ser cientista não tinha significado em minha família. Embora houvesse respeito pela cultura, não havia um ambiente que pudesse fazer alguém pensar em ser cientista. Não havia nenhuma relação com qualquer meio científico, nem informação sobre o que é o mundo da ciência e do cientista. Meus conhecimentos sobre ciência e sobre cientistas eu os aprendi na escola”. Acrescenta ainda: “Se tivesse havido em minha família noções sobre ciências, sobre o tipo de vida que cientistas levam, provavelmente eu teria me tornado matemático, pois quando terminei o curso ginasial gostava muito de matemática e tinha adquirido uma base muito sólida”.

A sorte, segundo ele, o fez cursar o ginásio num dos melhores colégios de sua época, o Ginásio do Estado de São Paulo, que era, lembra, “Um ambiente de efervescência intelectual”. Ao terminar o curso ginasial e tendo uma ótima base, especialmente em matemática, Salmeron entrou para o curso de Engenharia na Escola Politécnica da USP, onde terminou os cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica. Nesta época já tinha interesse na Física, graças aos cursos ministrados por Luiz Cintra do Prado.

Além de excelente professor, foi ele que, na opinião de Salmeron, abriu-lhe as portas para a carreira universitária ao convidá-lo para ser seu assistente. “Sem esse convite provavelmente eu jamais teria sido físico”.

Mais tarde sofreu, também, uma grande influência de seu orientador de doutorado, o Professor Patrick Blackett (prêmio Nobel em 1948), que impulsionou sua carreira internacional. Foi ele quem o recomendou ao diretor do CERN, hoje o maior laboratório do mundo em pesquisa fundamental. “Lá, fui contratado por 10 anos, uma das razões pelas quais posso dizer que tive a sorte de estar em bons lugares, nos bons momentos”.

Se a sorte lhe ajudou em algumas horas, sua dedicação, curiosidade e perseverança tiveram papel muito mais importante na sua trajetória. “Aprendi que a curiosidade precisa ser cultivada”. E acrescenta: “Outra qualidade necessária é não enganar a si mesmo, isto é, ter a consciência, ao tentar compreender uma questão, da profundidade na qual se chegou e não se contentar enquanto a questão não for inteiramente compreendida”. Além disso, Salmeron acha que tão importante quanto se manter informado do que está acontecendo no momento, é conhecer a história do assunto. Acha, ainda, que um cientista não pode ficar isolado, é preciso trocar idéias e conversar com colegas, sempre. Cita como a maior vantagem que essa carreira lhe ofereceu, o prazer com o próprio trabalho: “O que mais me fascina na profissão de físico é o desafio intelectual permanente. O desafio está sempre presente, em todas as fases do trabalho e da vida diária, e é o que mantém a curiosidade e o interesse”.

Outra pessoa decisiva em sua vida profissional foi o Professor Gleb Wataghin, nas palavras do próprio Salmeron, um excelente físico teórico e excelente físico experimental, que formou uma geração de brasileiros nesses dois campos da física. Pertenceu àquela última geração de físicos que conheciam toda a física. “Impressionava-me como ele era capaz de abordar qualquer campo da física a qualquer momento, discorrendo, dando uma aula, sem nenhuma preparação prévia”. Apresentado por um amigo em comum, foi com o Professor Wataghin, que Salmeron teve uma conversa, que para ele é um belo exemplo da orientação que um professor pode dar a um aluno:

– Nosso amigo Saraiva disse que o senhor estaria interessado em trabalhar comigo. O senhor sabe que como engenheiro, no seu país, poderá se tornar um homem muito rico?

– Sei, professor.

– E o senhor quer ser físico ?

– Quero tentar, professor.

– O senhor é casado ?

– Não, professor, sou noivo.

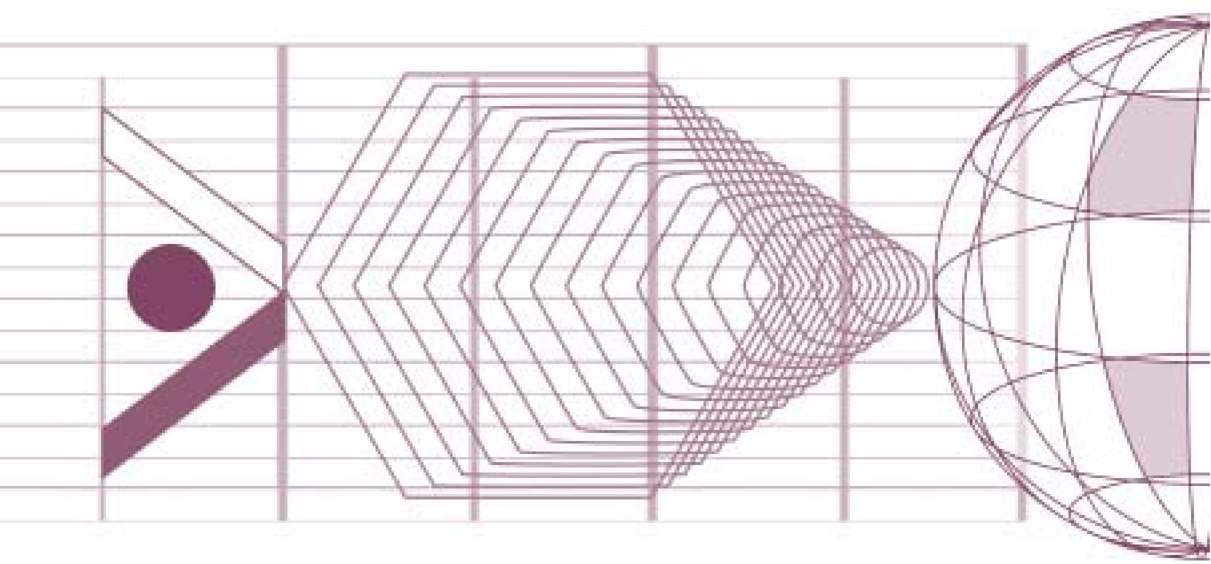
– E sua noiva sabe ?

– Sabe, professor.

– E ela está de acordo ?

– Está, professor.

A conversa dava a sensação de que estava-se caminhando para uma catástrofe, quando o Professor Wataghin sorriu e disse:



– Ah! Então, vamos falar de física!

E continuou:

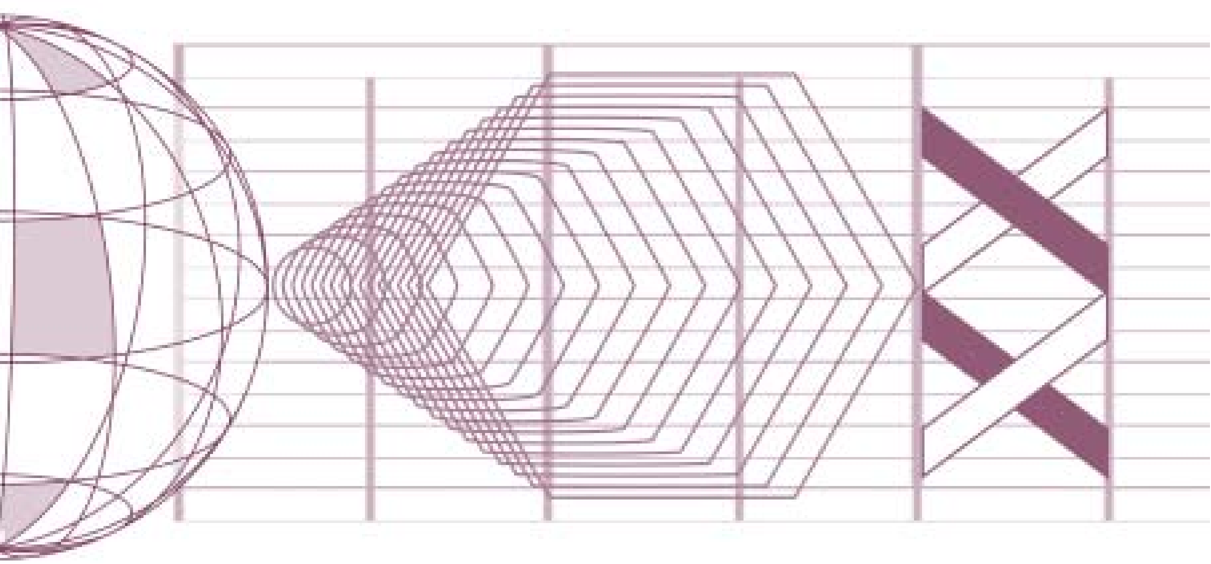
– O senhor poderá trabalhar em raios cósmicos. Estou planejando uma grande experiência, na qual já tenho um assunto para o senhor. Se o senhor se dedicar a raios cósmicos, daqui a algum tempo irá trabalhar em algum laboratório europeu, nos Alpes, naquelas montanhas com neve, com paisagens maravilhosas, que não existem aqui. Além disso, na Europa há muitas conferências de física, onde o senhor poderá encontrar grandes personalidades, Einstein, Fermi, Bohr, Dirac, e verá como esses homens falam de física, como eles pensam.

O professor ficou em silêncio alguns instantes, depois disse:

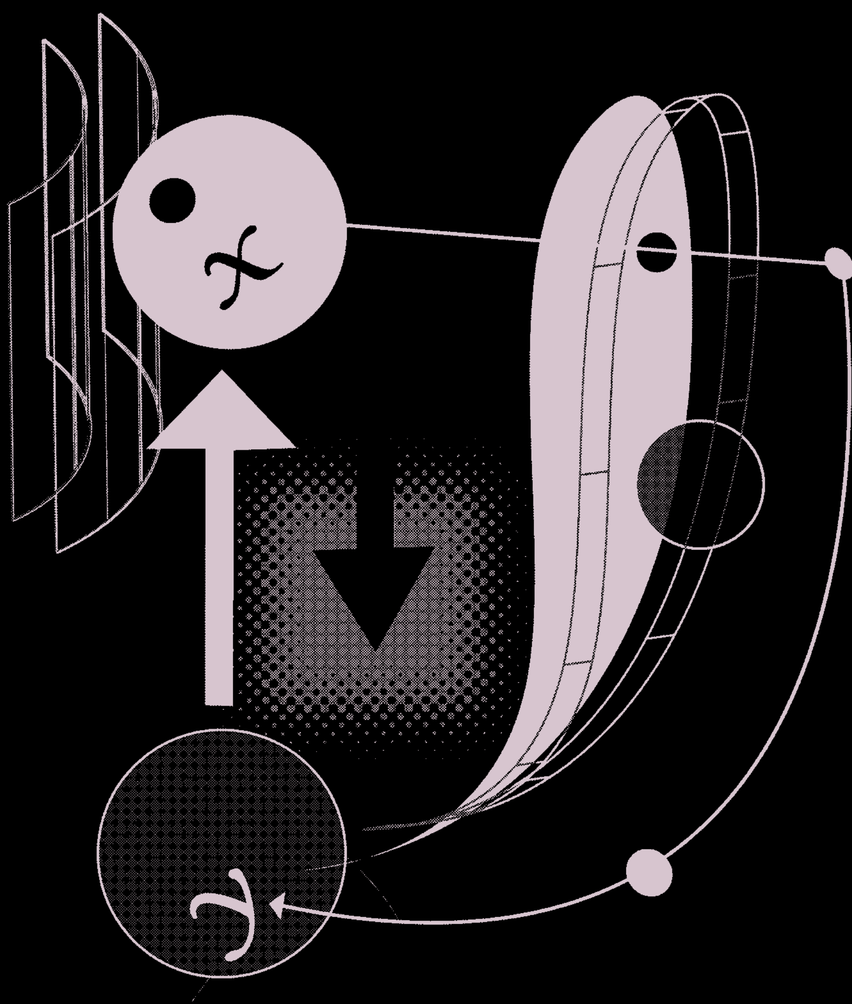
– Sabe, em física a gente não fica rico, mas se diverte muito.

Salmeron, então completa: “O professor Wataghin tinha toda razão!”

Entrevista Carolina Cronemberger



Trabalho duro



97

Jayme Tiomno

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Rio de Janeiro | RJ | Brasil

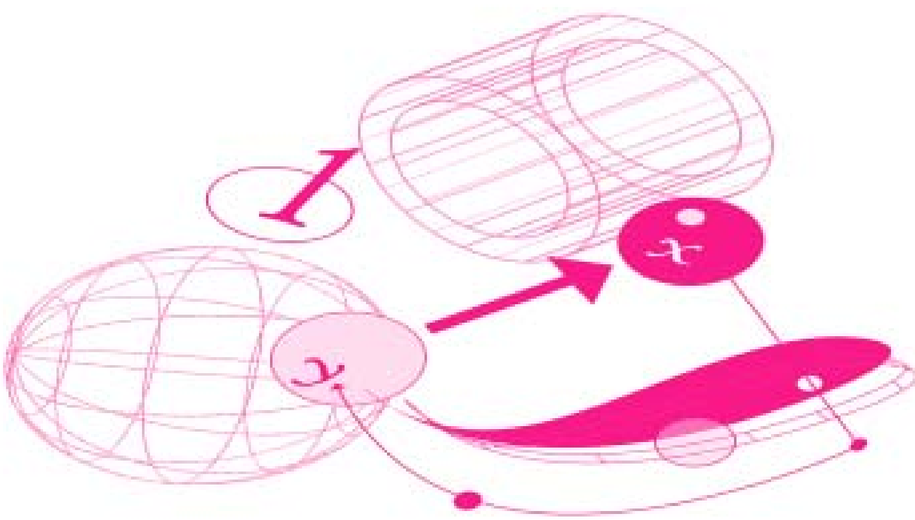
Segundo o professor Jayme Tiomno trabalhar duro e estar pronto para tudo foi o que lhe garantiu tanto sucesso profissional. Nas suas palavras: "É necessário ser agressivo, não no sentido pessoal, mas no sentido de se apresentar disposto a tudo. E procurar o que está fora do que os outros fazem.". Tiomno trabalhou com 3 prêmios Nobel durante sua carreira: Chen Ning Yang (1957), Eugene Wigner (1963) e Abdus Salam (1979).

Nascido em 1920 no Rio de Janeiro, Tiomno, após fazer a maior parte da escola secundária em Musambinho, interior mineiro, voltou para o Rio de Janeiro para concluir os estudos e cursar a universidade. Ele conta que em Musambinho teve a possibilidade de estudar com excelentes professores no ensino médio e isso lhe despertou o interesse para as ciências de um modo geral: Física, Matemática e História Natural. Foi tão boa sua formação que, ao ser transferido para completar os últimos anos no colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, já havia cumprido uma parte do programa de ciências anteriormente. Em razão dos seus interesses, decidiu que faria o curso de medicina. Não agradou seus pais, estes achavam que a família não precisava de mais um médico, pois seu irmão mais velho já se preparava para isso. Mesmo assim, ingressou na Faculdade de Medicina e, convidado por Carlos

Chagas, foi ser bolsista-monitor no seu laboratório. No fim do primeiro ano sabia que queria fazer ciência; primeiro pensou em Biologia, mas logo se decidiu por Física.

No ano que decidiu fazer biologia não foram abertas vagas em Manguinhos, e ele saiu de férias para São Lourenço. Seu irmão, que estava no Rio, conseguiu matriculá-lo no curso de Biologia da Universidade do Distrito Federal (UDF), o que podia ser feito sem exame de matemática. Tiomno voltou logo ao Rio e resolveu se matricular em Física, que exigia esse exame. Conseguiu que o professor Luis Freire, da UDF, marcasse um exame de matemática extra, fora de época. No dia do exame oral, só havia conseguido estudar metade da matéria a ser cumprida. A primeira pergunta foi feita exatamente sobre a parte que Tiomno não tinha visto. Depois de explicar isso para o examinador, professor Lélio Gama, foi argüido apenas da metade do programa que tinha estudado. Passou com louvor e foi admitido com a promessa de estudar a parte restante.

Tiomno conta que a princípio seu interesse era ser professor secundário e que não imaginava como era o trabalho de pesquisa. Tendo trabalhado durante sua carreira principalmente em teoria, foi a prática de laboratório e o contato com professores e pesquisadores que o motivaram a



seguir uma carreira acadêmica, englobando pesquisa, aulas e orientação de estudantes. Conta que só teve contato com a Física Moderna quando foi para São Paulo, depois de formado. Logo depois foi para Princeton, nos EUA, fazer doutorado.

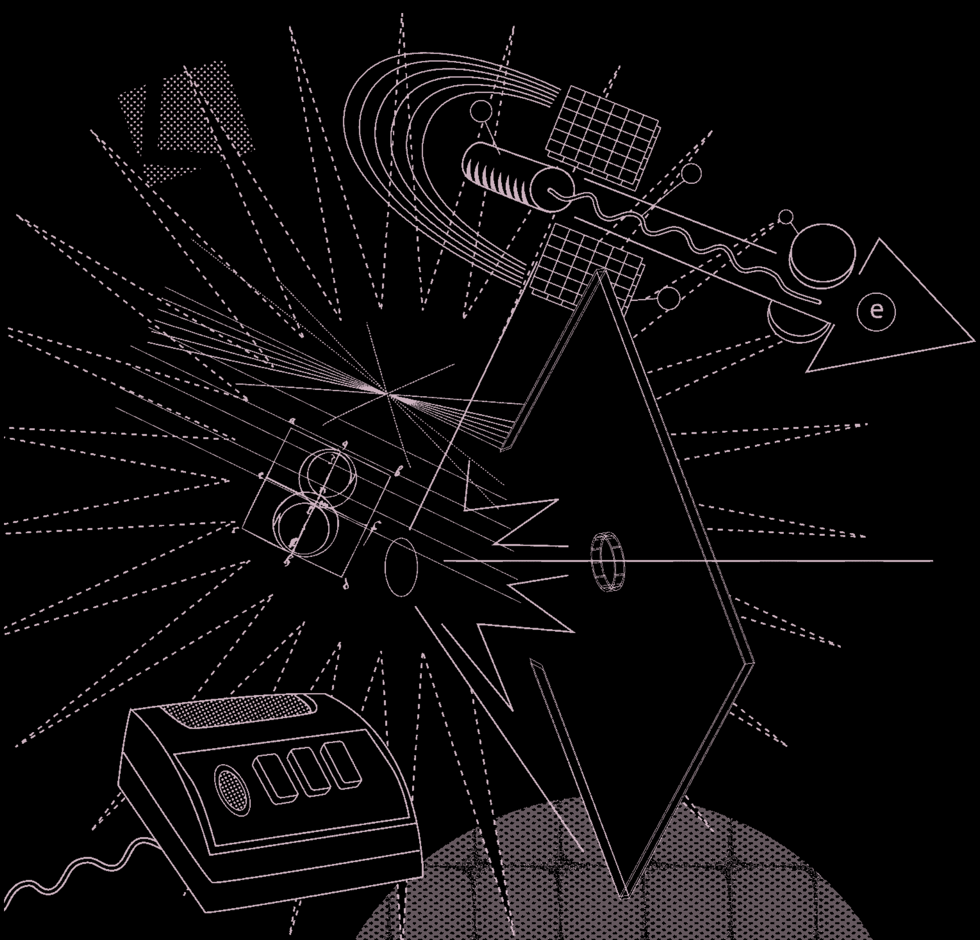
Em Princeton, Tiomno foi trabalhar com John A. Wheeler, um dos grandes nomes da Física. Lá seus colegas diziam que ele era muito exigente com seus alunos. “É isso mesmo que eu quero”, respondia ele. Durante um dos seminários de Wheeler, Tiomno percebeu que podia demonstrar que interações fracas entre quatro partículas diferentes tinham sempre a mesma intensidade. Fez as contas e mostrou ao professor. Iniciaram uma colaboração e esse trabalho, que levou à descoberta da universalidade das interações fracas, recorda Tiomno, foi o mais importante de sua carreira. Da época do seu trabalho com Wheeler, Tiomno conta uma estória engraçada: O ritmo de trabalho era muito acelerado, eles discutiam alguma coisa num dia, no dia seguinte, Tiomno chegava com os cálculos feitos. Wheeler, que era muito cioso das contas, refazia quase todas. Tiomno ficou sabendo por amigos, algum tempo depois, que Wheeler ficou surpreso com aquele aluno e dizia que nunca trabalhou tão duro.

Já de volta ao Brasil, Jayme Tiomno casou-se com a física Elisa Frota-Pessôa, com quem havia trabalhado nos tempos de faculdade. Continuou colaborando com universidades de todo o mundo e ajudou a criar diversas instituições científicas no Brasil e fora do país. Foi um dos fundadores do Instituto de Física da Universidade de Brasília, um projeto pioneiro que não resistiu às arbitrariedades comuns nos anos do regime militar no Brasil.

Essa é uma das poucas decepções que o professor Tiomno teve com a Física. Seus desconfortos, quando existentes, eram mais de origem humana que profissional. Não é qualquer pessoa que fala com tanta calma e tranqüilidade sobre sua carreira. O segredo , nos seus trabalhos ou nas conquistas políticas desta geração, fica evidente quando ele diz: “tínhamos a convicção de que íamos chegar lá”.

Entrevista Carolina Cronemberger

A história dos *lasers*



Charles H. Townes

Universidade da Califórnia

Berkeley | CA | EUA

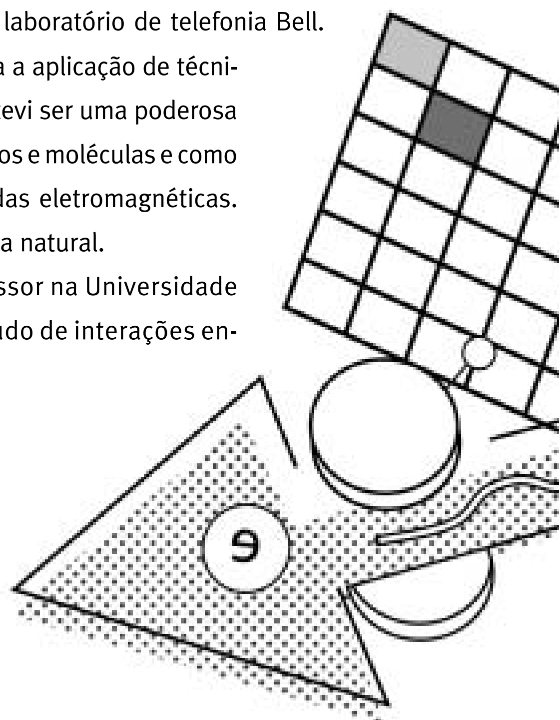
Desde que o homem viu a luz do sol pela primeira vez até recentemente, a luz que ele usava vinha principalmente de emissões espontâneas, como emissões aleatórias de fontes incandescentes. *Lasers* operam sob o princípio de emissão estimulada. Isso significa que a energia liberada por um sistema molecular ou atômico tem a mesma distribuição de campo e de freqüências que uma radiação estimulada e, portanto, estão em fase. Este tipo de radiação eletromagnética possui várias utilidades. O feixe fino de luz produzido por muitos *lasers* mantém sua direção e pequeno tamanho por grandes distâncias. Devido a isso, esse feixe fino de luz coerente é passível de uma grande variedade de aplicações. Como a luz é amplificada por emissão estimulada, o feixe pode ser feito quase com potência indefinida. Os *lasers* vêm sendo usados nas indústrias para cortar e perfurar metais e outros materiais, e em equipamentos óticos de alta precisão. Em medicina os *lasers* são usados para cirurgias e podem fazer operações que não são possíveis por outros métodos. A holografia é baseada no fato de que os padrões da frente de onda, capturados numa imagem fotográfica de um objeto iluminado com uma luz de um *laser*, podem ser reconstruídos para produzir a imagem tridimensional do objeto. Os *lasers* abriram também novas e diversas aveni-

das para a pesquisa cientifica, tais como nova instrumentação para uma grande variedade de medidas precisas, o estudo de cristais, reações químicas, física de plasma, temperaturas extremamente baixas e comunicação. Um simples feixe de *laser* pode, num período curto de tempo, ter mais potência que toda potência elétrica usada na Terra. Um feixe pode também ser tão delicado e preciso que pega e move uma única célula biológica sem destruí-la. Eu aproveitarei esta ocasião para contar o meu papel na invenção do *laser* e, usando isso como exemplo, brevemente refletir sobre o papel da ciência.

Quando era aluno, eu me interessava por uma variedade de coisas: história natural e biologia, natação, edição de jornais, futebol, isso somente para exemplificar. Meu interesse em física por fim venceu. Eu fiquei fascinado pela física desde o meu primeiro curso no assunto devido a sua bela estrutura lógica. Minha educação formal foi então completada com um Ph.D. no Caltech em separação de isótopos e spins nucleares.

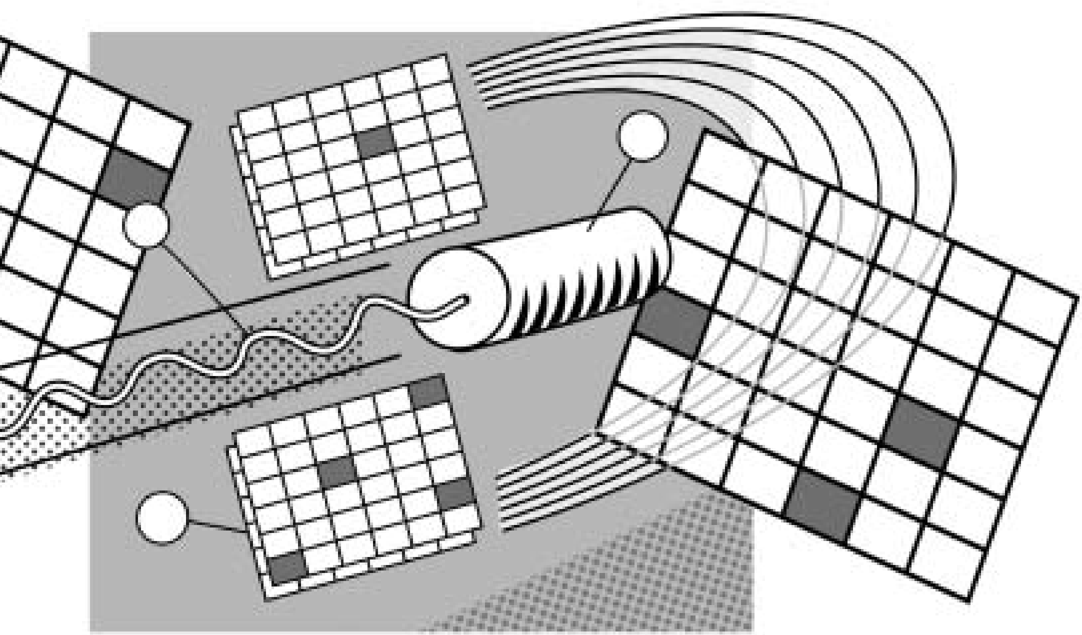
Então trabalhei extensivamente durante a segunda guerra mundial com design de navegação por radar e sistemas de bombardeio, e tecnologias relacionadas, como membro do corpo técnico do laboratório de telefonia Bell. Desde então, eu direcionei minha atenção para a aplicação de técnicas de microondas em espectroscopia, que antevi ser uma poderosa ferramenta para o estudo da estrutura dos átomos e moléculas e como uma possível nova base para controle de ondas eletromagnéticas. Essa evolução e conexão aconteceram de forma natural.

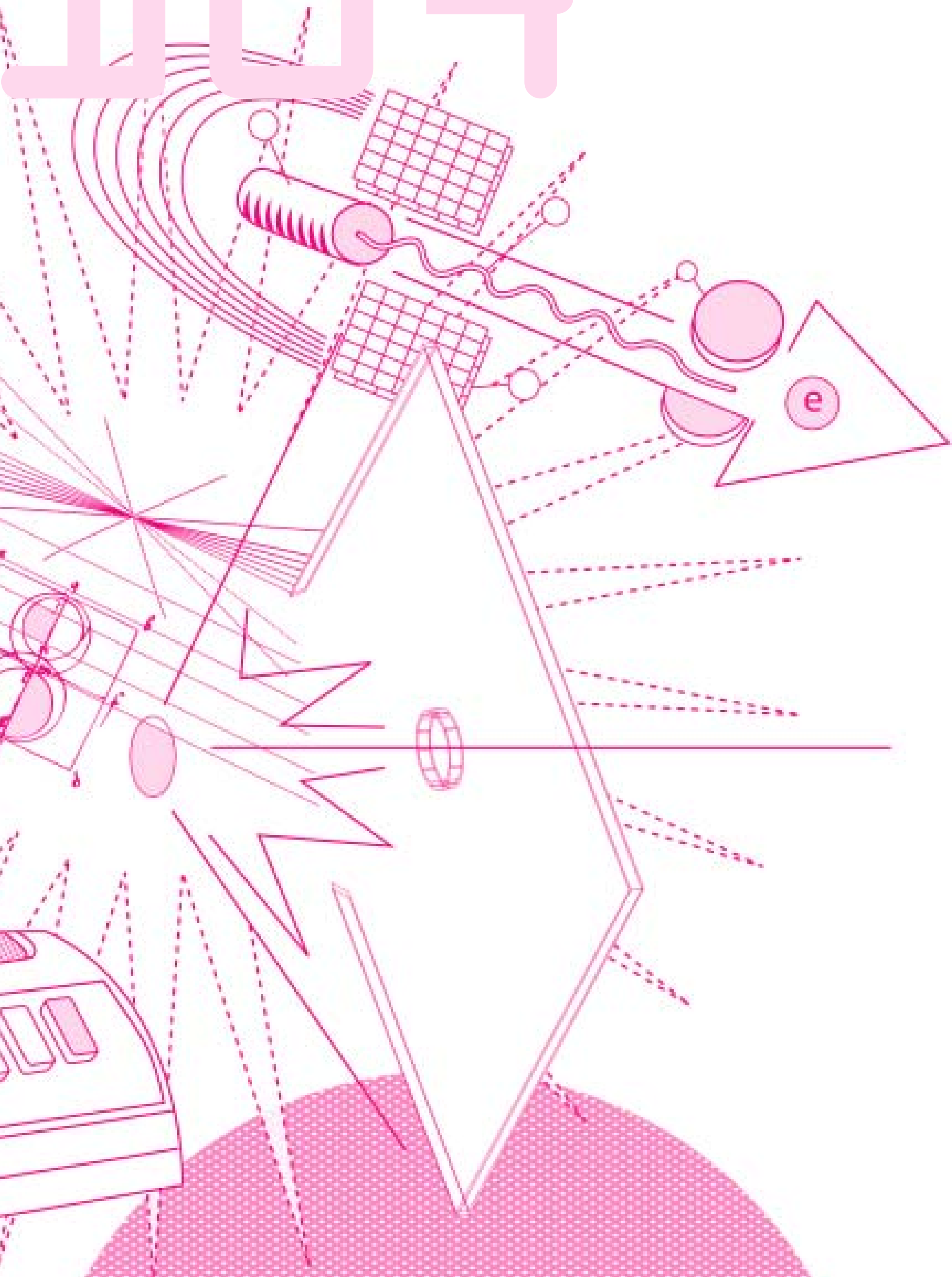
Eu continuei minha pesquisa como professor na Universidade de Columbia. Particularmente focando o estudo de interações entre microondas e moléculas, e usando o espectro das microondas para o estudo da estrutura das moléculas, átomos e núcleos. Em 1951, eu concebi a idéia de amplificação e geração de ondas eletromagnéticas por emissão estimulada e alguns meses depois meus colaboradores e eu começamos a trabalhar num dispositivo que



ficou pronto somente três anos depois. Meus alunos e eu batizamos de “maser” que é o acrônimo de Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação de Microondas por Emissão Estimulada de Radiação). Em 1958, meu cunhado, Arthur Schawlow, e eu mostramos teoricamente que os *masers* podiam ser feitos para operar nas regiões ótica e do infravermelho e propomos como isso poderia ser alcançado em alguns sistemas particulares. Esse trabalho resultou em nosso artigo sobre maser óticos e infravermelhos, ou *lasers* (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação). O restante, como dizem, é história.

Meu interesse nos campos da eletrônica quântica e na astronomia continuou no MIT e também mais tarde na Universidade da Califórnia em Berkeley, e ainda servem de base para minhas atividades. Existe alguma verdade na idéia de que em ciência contribuições individuais de grande significância são possíveis. De fato, a invenção dos *lasers* ilustra bem essa idéia. Contudo, a possibilidade de aplicações do *laser* não poderia



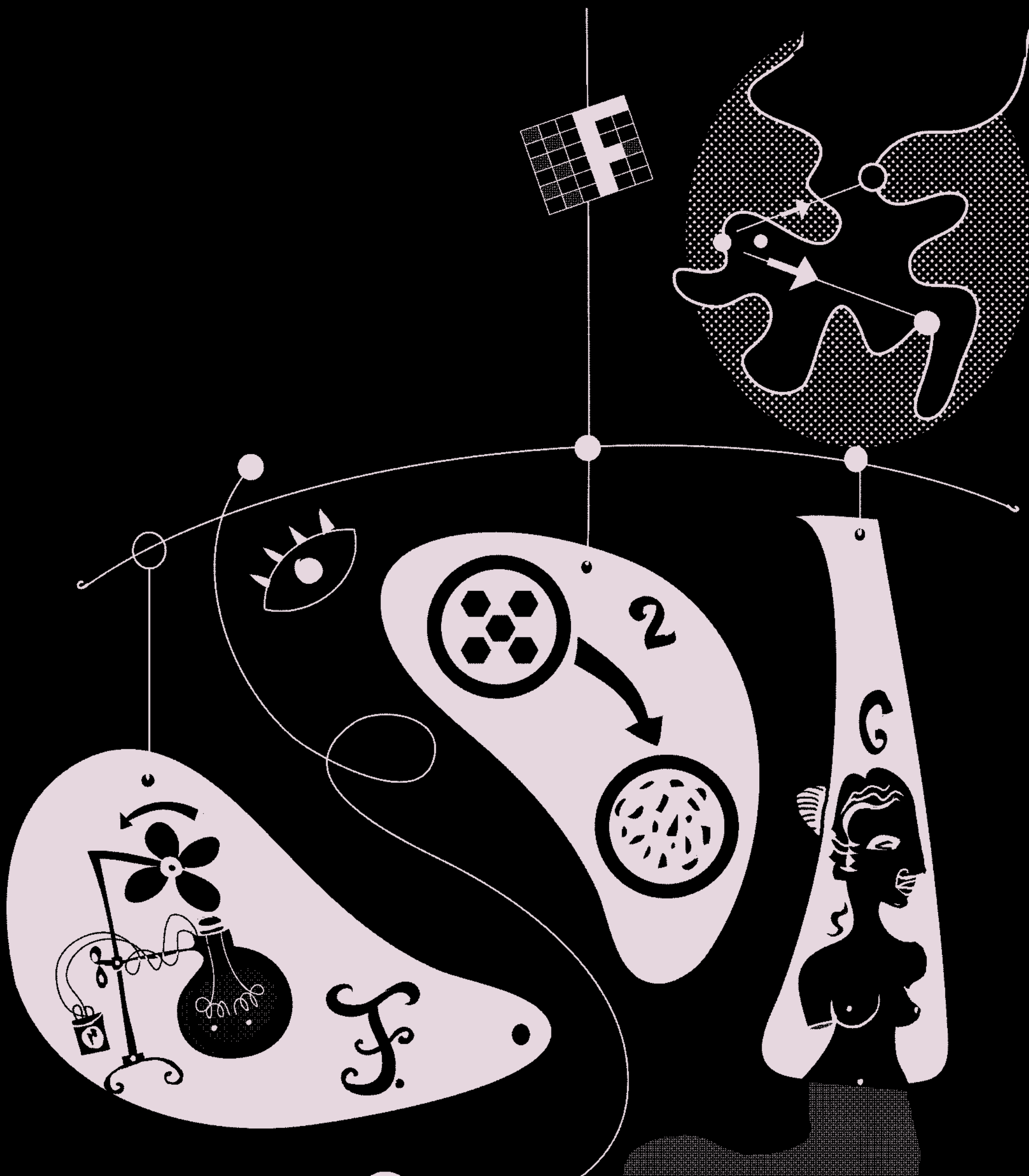


ser antevista por ninguém na época de sua invenção e não poderia ter ocorrido através dos esforços de um único indivíduo. Em geral, o desenvolvimento da ciência em larga escala é basicamente um fenômeno social, dependente do trabalho duro e suporte mútuo de vários cientistas e da sociedade em que eles vivem. Os cientistas realmente se apóiam nos ombros dos gigantes do passado. Ninguém pode realmente fazer parte do esforço científico se não apreciar os resultados mais emocionantes e cumulativos dessa grande interação e de muitas contribuições individuais à ciência. Nem pode qualquer cientista ser realmente parte de seu mundo sem se perguntar se, de algum modo, as atividades humanas em geral podem se beneficiar desses resultados cumulativos se uma porção ainda maior dos esforços humanos, como na ciência, puder ser direcionada para se somar e apoiar mutuamente. Nossa natureza é obviamente mais severamente sobrecarregada em campos não científicos a fim de poder reconhecer os objetivos humanos primordiais e tentar alcançá-los objetivamente. Nesses campos nós dificilmente temos resultados experimentais bem definidos para nos colocar no caminho certo quando erramos. Mas a imposição do edifício da ciência nos fornece uma visão desafiadora do que podemos alcançar pela acumulação de pequenos esforços numa firme, objetiva e dedicada busca da verdade.

Os *lasers* ilustram um outro aspecto da descoberta e da invenção científicas. Muitas de suas aplicações foram extraordinariamente benéficas aos seres humanos, outras nem tanto. O medo de que a ciência possa, às vezes, ser usada para fins destrutivos não pode ser razão descartá-la. Descartá-la significa também descartar seu vasto potencial para o enriquecimento da vida humana e para o alívio do sofrimento humano. Enquanto a mente humana for curiosa, ela será capaz de ter novas idéias e inventar novos dispositivos. Nosso progresso depende de nossa habilidade de lidar bem com essa característica de nossa espécie.

Tradução Diogo de Oliveira Soares Pinto

Beleza e intuição



Constantino Tsallis

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Rio de Janeiro | RJ | Brasil

Pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas no Rio e colaborador de diversos outros institutos de pesquisa ao redor do mundo, Constantino Tsallis conseguiu em sua carreira como físico teórico enorme projeção e prestígio dedicando-se principalmente à Física Estatística. Trabalhou com os maiores cientistas atuais e é um dos cientistas brasileiros mais citados.

Apesar de se considerar totalmente latino-americano, Tsallis conta que herdou dos pais, gregos, o amor pelo conhecimento e pela beleza. Ele está sempre em busca da forma mais bela possível em seu trabalho de pesquisa. Seus pais eram bastante cultos e davam valor enorme ao conhecimento e ao estudo, e com freqüência se comunicavam em outras línguas para que seus filhos não entendessem, o que só fazia com que ele e seus dois irmãos fossem aprendendo outros idiomas.

Ainda criança se mudou para a Argentina. Durante a escola, Constantino diz que gostava de todas as matérias, "menos contabilidade". Na verdade, o que ele gostava mesmo era de estudar. Interessava-se principalmente pelas notas de rodapé de livros, e pequenas observações. Como um arqueólogo, gostava de ir descobrindo aos poucos os detalhes. Por causa dessa diversidade de interesses não se importava em escolher medicina como queria

seu pai. No último ano da escola preferiu entrar para Engenharia Química. Os dois primeiros anos de engenharia, bem mais gerais do que os outros, foram ótimos para ele. Mas à medida que o curso foi ficando mais específico, percebeu que não era aquilo que ele desejava. Como já era assistente dos professores de Matemática, resolveu que sua escolha seria entre Física ou Matemática. Escolheu física por ser mais ampla e diversificada e também por ter assistido a uma palestra sobre um instituto de física localizado em Bariloche. Como ele mesmo explica: "pela física eu já me interessava antes, fiquei mesmo muito interessado no lugar". Na Argentina terminou o mestrado e foi fazer sua tese de doutorado na França.

Daí em diante construiu uma carreira de enorme sucesso. Desenvolveu em 1988 uma generalização da estatística de Boltzmann-Gibbs e da Termodinâmica, atualmente usada em diversas aplicações. A curiosidade, segundo ele, é característica necessária para um bom pesquisador. "Algumas pessoas olham aonde o rio vai parar; outras de onde aquele rio vem. Para fazer física é preciso ter a curiosidade de saber de onde vem o rio, não muito para onde ele vai.". Assim ele faz em sua pesquisa, procura as causas muito mais do que as conseqüências.

Além disso, ele acha que é importante ter vocação para o raciocínio lógico. E muita intuição. É preciso ter a tendência para adivinhar as respostas. Ao começar a trabalhar em um problema, ele sempre tem preferência por algum resultado, aquele que ele gostaria de achar. "É preciso uma ponta de pré-conceito". Então quando se obtêm esses resultados é uma espécie de *déjà vu*, senão, deve-se voltar atrás e ver o que foi que deu errado. É nessa *brincadeira* que se faz física "de modo efetivo" para Constantino. E completa: "Se o problema não te diz nada, se você não tem preferência pelo resultado, então naquele momento ele não é tão bom". Nem todo mundo tem a sorte de ter uma intuição tão bem desenvolvida como a dele. Em sua defesa de tese de doutorado, o Professor Andre Guinier lhe fez um elogio importante diante das pessoas que assistiam: "M. Tsallis adivinha a resposta!".

Sua forma de fazer física é cercada de particularidades, como a busca constante pela beleza e pela forma. "Em física em particular, a conexão da

verdade com a beleza é primordial". Ele conta que tenta sempre elaborar suas equações na forma mais bonita possível, só assim ela pode atingir as pessoas de forma diferente e aumentar a criatividade. "Sempre que escrevo equações, a forma final é a mais estética". Conta que começou sua Estatística por uma equação que generalizava a entropia de uma forma tão bonita que deveria estar certa. Com ela ele continuou e chegou à forma final de sua teoria como é conhecida hoje. "A maneira que você apresenta predispõe a uma espécie de sonho que vai além daquela equação", diz Tsallis. Um pouco como parece ser para ele a própria Física, uma beleza que vai além das suas equações, que torna necessário um espírito sensível a essa beleza para apreciá-la.



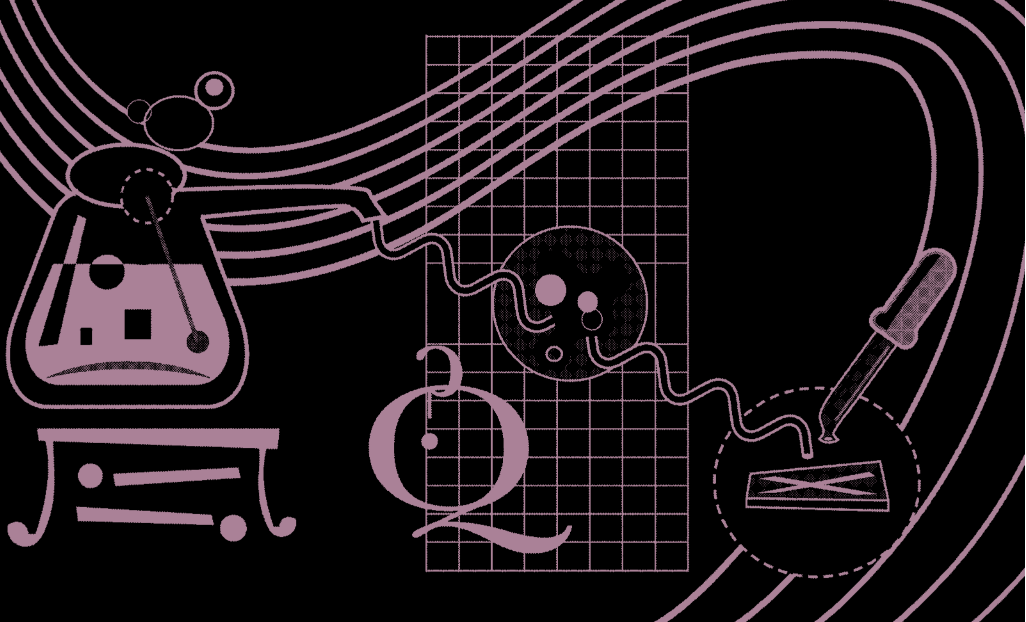
A

curiosidade

foi a curva

em meu

caminho



Daniel C. Tsui

Universidade de Princeton

Princeton | DC | EUA

Minha vida foi feita de vários caminhos. Minha infância se deu em uma remota vila de Henan, China, onde minha atividade principal era ajudar meu pai na colheita. Meus pais, que nunca tiveram a oportunidade de aprender a ler e a escrever, reconheceram que uma educação adequada não seria possível naqueles tempos na vila e agarraram a primeira e talvez a única oportunidade de educação quando me deixaram, aos 11 anos de idade, com um parente na distante Hong Kong.

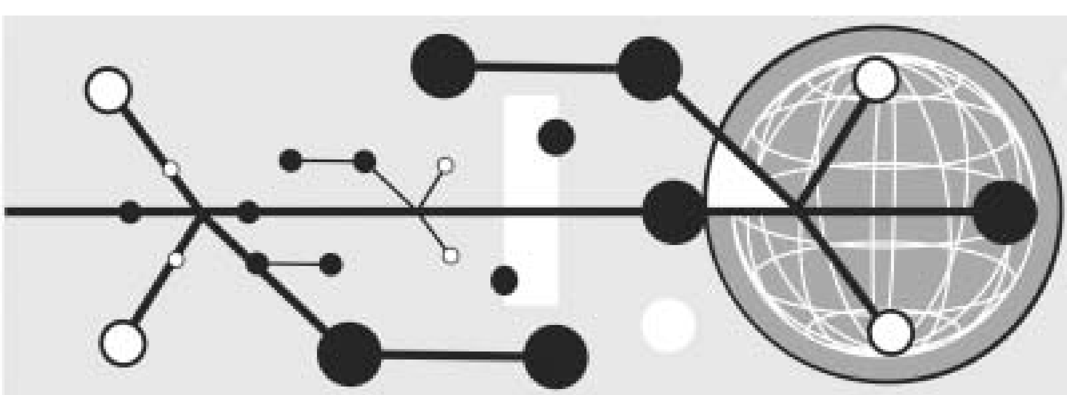
A escola que freqüentei em Hong Kong, escola Pui Ching, dispunha de vários professores formidáveis, especialmente em ciências naturais, e inspiradores. Normalmente eles seriam professores universitários na China, mas o transtorno causado pela guerra forçou-os a deixar seus cargos, tendo somente a oportunidade de se tornarem professores do ensino médio. De uma forma inconsciente os professores nos instigavam, mesmo morando em uma cidade extremamente comercial, a ver além das possibilidades financeiras e olhar a exploração de novas fronteiras do conhecimento humano como intelectualmente desafiador e gratificante.

Minha preferência era ser médico e fui admitido na escola de medicina da Universidade Nacional de Taiwan, entretanto minha necessidade de ter

uma bolsa integral de estudos levou-me à faculdade religiosa, Augustana College, nos Estados Unidos, onde eu me graduei em matemática.

Inspirado por C. N. Yang e T. D. Lee, que ganharam o prêmio Nobel de física em 1957 e sendo ambos da Universidade de Chicago, escolhi esta mesma universidade para fazer pós-graduação em física experimental. Tive a grande satisfação de trabalhar com o professor Royal Stark, um enérgico e jovem experimental da área de estado sólido. Com ele eu tive toda a oportunidade de aprender desde o mais básico até o mais intrincado: desde desenho projetista, solda, maquinaria, até a construção dos instrumentos do laboratório.

Deixei Chicago em 1968 e fui trabalhar nos laboratórios Bell em Nova Jersey com pesquisa na área de física do estado sólido. Foi lá que escolhi outro caminho, deixando para trás o terreno mais familiar da física dos metais e entrei em um novo e estranho terreno que chamamos atualmente de física de elétrons de baixa dimensionalidade em semicondutores. Eu descrevi em algum lugar esta mudança de campo de pesquisa como “vagando em direção a uma nova fronteira”. Para mim, pelo menos, as “descobertas” vieram de fazer (e refazer) os vários experimentos, falando com outros cientistas dos laboratórios Bell, pensando sobre teorias relacionadas a tais experimentos, aproveitando-me dos vários avanços técnicos e colaborando com outros cientistas. Foi somente com o tempo que os experimentos confirmaram alguns de meus palpites e acrescentaram mais informações, que

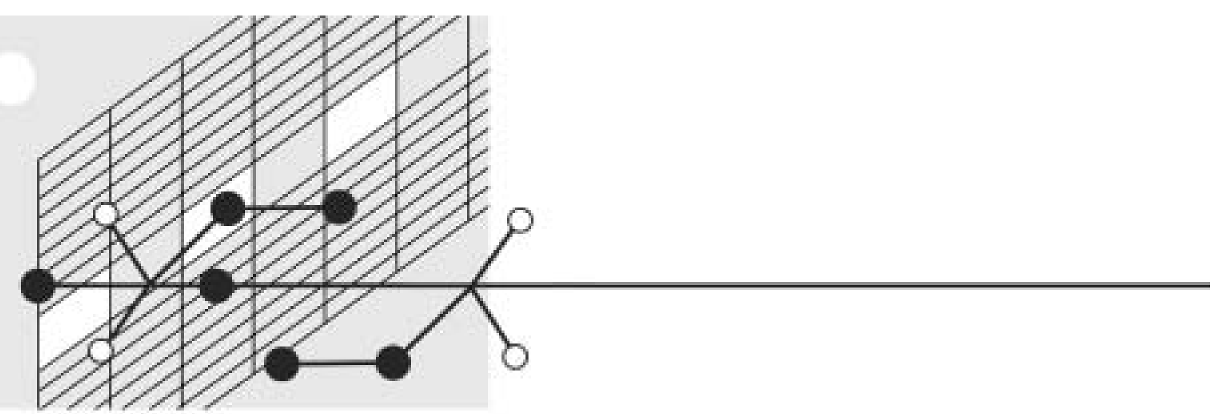


o que precisa ser descoberto tornava-se mais claro.

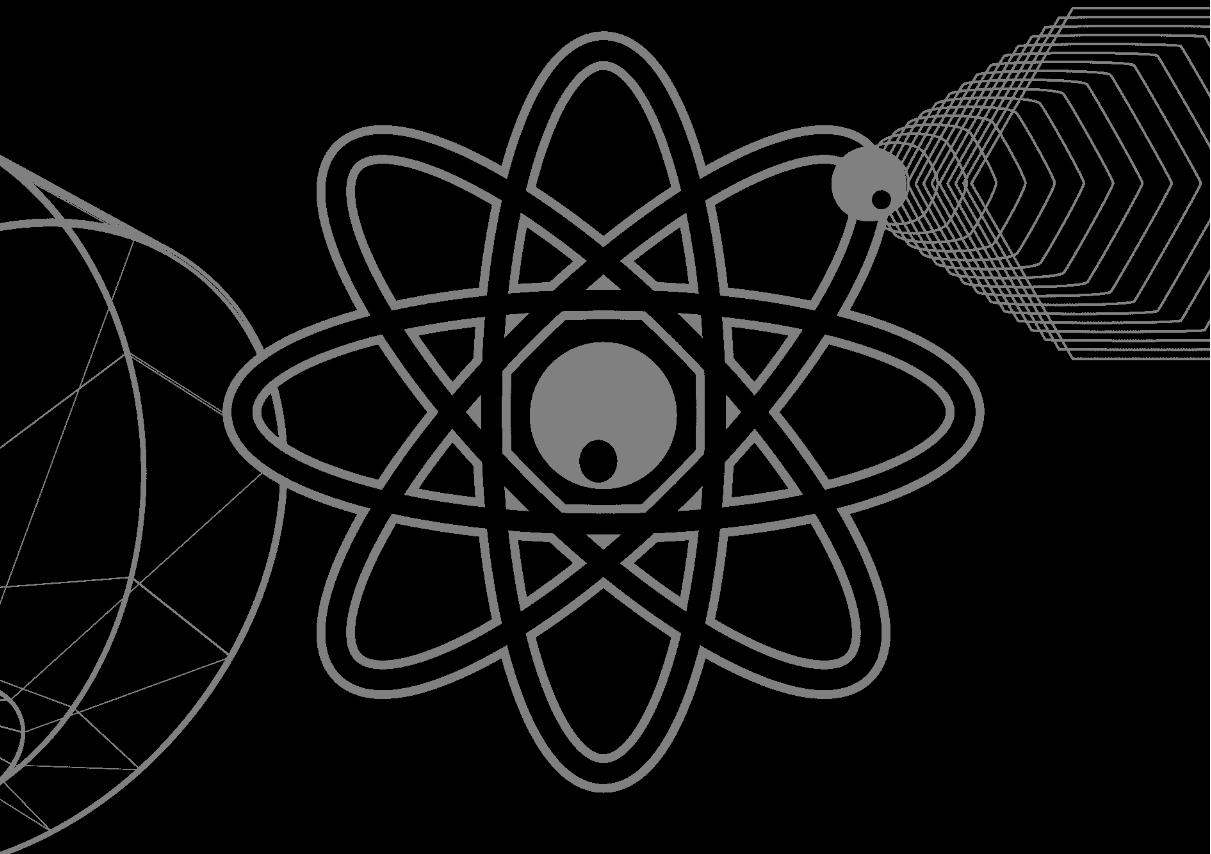
Em 1998, eu e Horst Stomer recebemos o prêmio Nobel de física pela descoberta de 1982 de que “os elétrons atuando juntos em campos magnéticos fortes podem formar novos tipos de “partículas” cujas cargas são frações das cargas dos elétrons” , também descrito pelo comitê do prêmio Nobel como “ sua descoberta de uma nova forma de fluido quântico com excitações fracionalmente carregadas”. Em 1982, nós obtivemos resultados inesperados e excitantes juntamente com um teórico, Robert Laughlin, que só um ano depois formulou as equações que permitiram seu entendimento teórico. Ele dividiu o prêmio Nobel conosco.

Portanto, eu não tenho nenhuma história fascinante para contar sobre experimentos com ciência durante a minha infância. Contudo, a curiosidade foi a curva em meu caminho que me levou às bordas do conhecimento científico onde tive a sorte de determinar, através de experimentos, fenômenos que continuam a gerar novas descobertas e entendimentos. Sou professor de Universidade de Princeton há mais de duas décadas e supervisiono estudantes em sua pesquisa. Está claro para mim que existem muitas descobertas intrigantes e avanços técnicos produtivos a serem encontrados através da ciência!

Tradução Diogo de Oliveira Soares Pinto



O Camaro vermelho

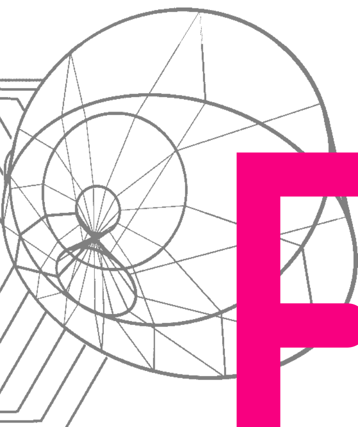


115

Steven Weinberg

University of Texas

Austin | TX | EUA



Em 15 de Outubro de 1764, Edward Gibbon concebeu a idéia de escrever a história do declínio e queda do Império Romano enquanto estava ouvindo monges descalços cantando cânticos nas ruínas do capitólio Romano. Eu gostaria de poder dizer que trabalhei em circunstâncias de tanto glamour quanto ele. Eu tive a idéia do meu trabalho mais conhecido enquanto eu dirigia meu Camaro vermelho em *Cambridge*, *Massachusetts*, no caminho para meu escritório, no departamento de física no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Eu estava exausto. Tive que me ausentar do meu posto de professor titular em Berkeley um ano antes para que minha esposa pudesse cursar a Escola de Direito de *Harvard*. Nós tínhamos acabado de passar pelo trauma de nos mudar de uma casa alugada em *Cambridge* para outra, e eu fiquei com a responsabilidade de levar nossa filha para a creche, parques, e tudo mais. Para piorar, eu estava parado em meu trabalho como físico teórico.

Assim como outros teóricos, eu preciso apenas de papel e caneta para trabalhar, tentando encontrar explicações simples para fenômenos complexos. Nós deixamos que os experimentais decidam se as teorias de fato descrevem o mundo real. Em primeiro lugar, foi por essa oportunidade de explicar alguma coisa da natureza brincando com idéias matemáticas que entrei

para a física teórica. Nos dois anos anteriores, tinha feito progressos no conhecimento do que os físicos chamam de interações fortes – as forças que mantêm as partículas dentro dos núcleos atômicos. Alguns de meus cálculos já tinham até sido confirmados por experimentos. Mas, agora, essas idéias pareciam estar se tornando sem sentido. As novas teorias das interações fortes em que estava trabalhando naquele outono implicavam que uma das partículas da física nuclear de altas energias não deveria ter massa nenhuma, porém, já era conhecido que essa partícula possuía massa bem pesada. Fazer predições erradas não é o caminho para continuar no jogo da física.

Geralmente, quando você se encontra em uma contradição como essa, não é bom sentar em sua mesa a fazer cálculos – você acaba dando voltas em círculos. O que costuma ajudar é deixar o problema cozinhar em seu cérebro, enquanto você senta num banco de praça e assiste a sua filha brincar numa caixa de areia.

Após esse problema ficar cozinhando em minha mente por algumas semanas, de repente, a caminho para o MIT (no dia dois de outubro de 1967, se não me engano) eu percebi que não havia nada de errado com o tipo de teoria na qual estive trabalhando. Eu tinha a resposta certa, porém, havia trabalhado no problema errado. A matemática na qual estive trabalhando não tinha nada a ver com as interações fortes, mas ela dava uma bela descrição de um diferente tipo de força, conhecida como interação fraca. Essa é a força que é responsável, entre outros fenômenos, pelo primeiro passo na cadeia das reações nucleares que produzem o calor do sol. Havia inconsistências em todas as teorias anteriores dessa força e, de repente, vi como elas poderiam ser resolvidas. E percebi que a partícula sem massa nessa teoria que tinha me dado tanto problema não tinha nada a ver com as partículas pesadas que sentem as interações fortes; era o fóton, a partícula da qual a luz é composta, que é responsável pelas forças elétricas e magnéticas, e que de fato tem massa nula. Eu percebi que o que havia cozinhado era um método não apenas para entender as interações fracas, mas para unificar as teorias das forças fraca e eletromagnética, naquela que se tornou a chamada teoria eletrofraca. Isso é o tipo de coisa que os físicos amam

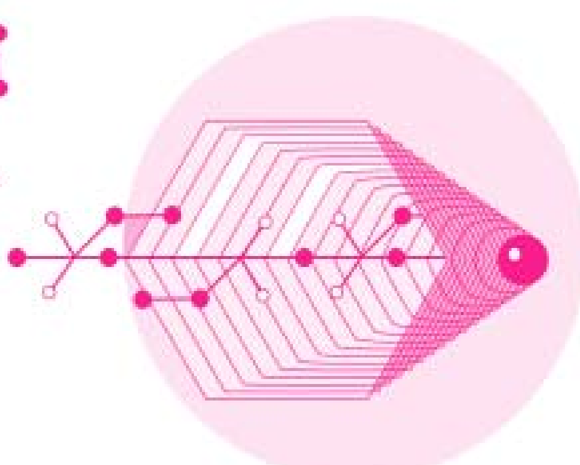
– enxergar várias coisas que aparentam diferentes em vários aspectos num só fenômeno. Unificar as forças fracas e eletromagnéticas pode não possuir aplicações na medicina ou nas áreas tecnológicas, mas, se bem sucedida, seria mais um passo em um processo secular de mostrar que a natureza é governada por leis simples e racionais.

De alguma forma, cheguei são e salvo ao meu escritório e comecei a trabalhar nos detalhes da teoria. Antes tinha andado em círculos, agora, tudo foi fácil. Duas semanas depois, enviei um pequeno artigo sobre a teoria eletrofraca para o *Physical Review Letters*, um jornal amplamente lido pelos físicos.

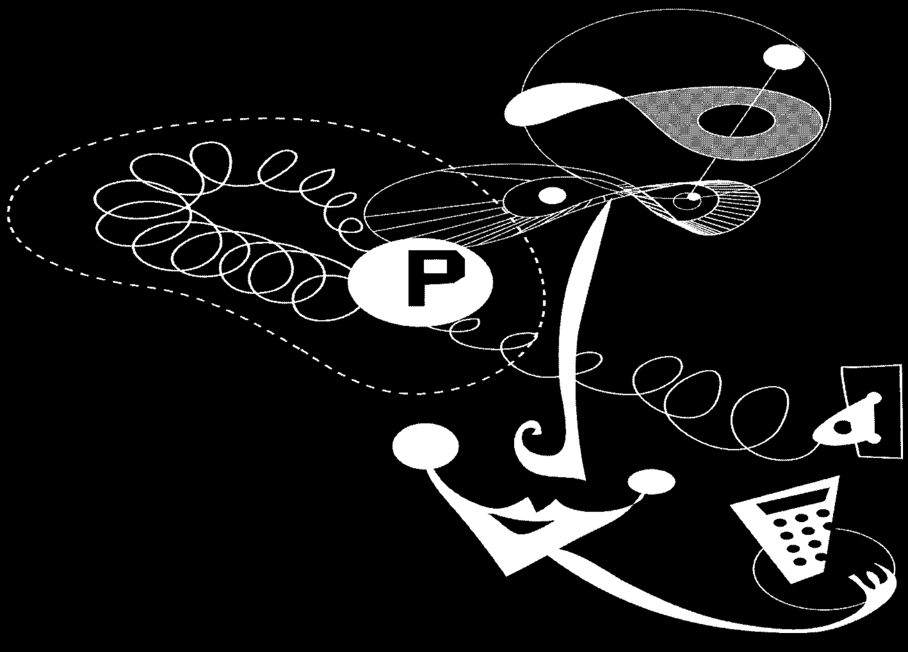
A consistência da teoria foi provada em 1971. Alguns efeitos novos, preditos pela teoria, foram detectados experimentalmente em 1973. Em 1978, felizmente as medidas desses efeitos concordaram precisamente com a teoria. E em 1979, recebi o Prêmio Nobel de Física, junto com Sheldon Glashow e Abdus Salam, os quais trabalharam independentemente na teoria eletrofraca. Desde então, tomei conhecimento de que o artigo que escrevi em 1967 se tornou o mais citado na história da física das partículas elementares.

Eu mantive meu Camaro vermelho até ele ser completamente destruído em um dos vários invernos de *Massachusetts*, porém, ele nunca mais me levou tão longe.

Tradução Murilo Santana Rangel



Memórias de uma física latino-americana



Mariana Weissmann

CAC, CNEA

San Martin | Província de Buenos Aires | Argentina

A primeira coisa que eu gostaria de dizer é o fato de que é um "golpe de sorte" poder ganhar a vida fazendo o tipo de trabalho que você mais gosta. Minha sorte começou quando eu nasci numa família culta de classe média na Argentina, um país onde a mulher não é discriminada com respeito à educação superior. A sorte continuou quando eu ingressei na faculdade, no período em que a Universidade de Buenos Aires estava começando a melhor época da sua história. De fato, nos anos 60 havia grande entusiasmo na esperança de que a educação, em particular a ciência, seria de grande ajuda para a população dos países subdesenvolvidos. Provavelmente foi esta "disposição" mundial que inspirou o Professor Abdus Salam a criar o ICTP naquele tempo, como um lugar de encontro para os físicos dos países desenvolvidos e não desenvolvidos.

Eu escolhi estudar ciências principalmente porque eu gosto de pensamentos abstratos, era boa estudante na escola, e era curiosa. Eu não fazia idéia de quanto tempo esse interesse duraria e jamais pensei nele como uma carreira. Só vários anos depois reparei que a física tinha se transformado em uma parte importante da minha vida. Atualmente, estando próxima a me aposentar, percebo que novas novelas, novos filmes ou jogos me fazem

lembrar outros já vistos, um efeito “déjà vu”, enquanto que os jornais de física geralmente me surpreendem com alguma idéia nova, alguma coisa que eu não tinha pensado antes.

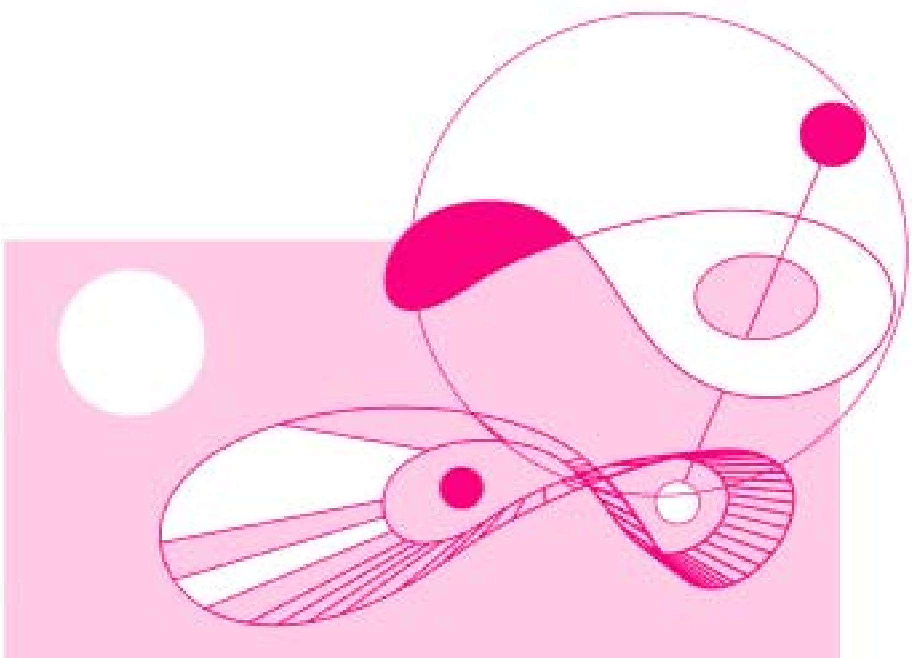
A vida dos cientistas na América Latina não tem sido muito tediosa; muitos de nós fomos forçados a ir de um país para outro. Alguns decidiram ficar nos Estados Unidos ou na Europa Ocidental onde têm empregos permanentes, porém muitos de nós ficamos na região e temos vivido em diferentes lugares, algumas vezes devido à perseguição política, mas na maioria das vezes devido a políticas absurdas. Nos últimos 30 anos, poucos dirigentes políticos compreenderam o valor da pesquisa, e por causa disso não levaram em conta que a criação de grupos de pesquisa requer um tempo longo enquanto que a destruição dos mesmos é um processo muito rápido. O Professor Salam deu palestras acerca deste tema em diferentes momentos e lugares, mas nem sempre foi compreendido.

Minha busca pessoal incluiu uma bolsa (paga pela Universidade de Buenos Aires) para fazer a pós-graduação no Instituto Tecnológico da Califórnia. Após meu retorno, defendi minha tese de doutorado em Buenos Aires e fui nomeada Professora Assistente no recém-criado Departamento de Meteorologia. Ensinei física atmosférica e colaborei com um grupo experimental interessado no estudo de formação de nuvens, para prevenir a queda de granizo numa região produtora de vinho. Meu trabalho de pesquisa foi teórico, estudando as propriedades da água, gelo e uma solução de IAg. Para isto, eu usava um computador Mercury, o primeiro instalado na América Latina. Era um monstro britânico, cheio de válvulas, que localmente foi chamado de Clementina, que precisava da manhã inteira pra aquecer. À tarde e à noite era compartilhado por estudantes e professores de pós-graduação, os quais se sentiam com muita sorte por ter acesso a tal facilidade moderna.

Estes tempos felizes acabaram em 1966, com uma intervenção militar que ocupou a Universidade e produziu a renúncia de aproximadamente 1000 professores, muitos deles cientistas. Nossa liderança latino-americana em ciências da computação foi perdida, e nunca mais foi recuperada. Eu fui então convidada para um estágio de pós doutorado nos Estados Unidos, de

onde posteriormente voltei para esta parte do sul da terra como pesquisadora na Universidade do Chile. Nos quatro anos seguintes morei em Santiago, de onde saí em 1972, um ano antes da ocupação militar de Pinochet. Desde aquele tempo mantive um contato próximo e uma verdadeira amizade com meus colegas chilenos. Durante este período nós fomos honrados com a visita do Professor Vladimir Tolmachev que chegou de Moscou, e nos ensinou a usar os diagramas de Feynmann para a física atômica e a do estado sólido. Nossos estudantes daqueles anos estão entre os melhores físicos chilenos de hoje.

Voltando para Buenos Aires, fui nomeada para o Conselho Nacional de Pesquisa como pesquisadora, e desde aquele época venho trabalhando nos laboratórios da Comissão de Energia Atômica em Buenos Aires. Durante os anos 1979-81, fiquei de licença na Universidade Simon Bolívar em Caracas, Venezuela. Meu trabalho de pesquisa dos últimos 30 anos esteve relacionado com os efeitos de desordem, ou não-periodicidade, nas propriedades de materiais. Os assuntos estudados foram: sólidos amorfos e incomensuráveis, superfícies, blocos e moléculas grandes. Semicondutores,




40
30

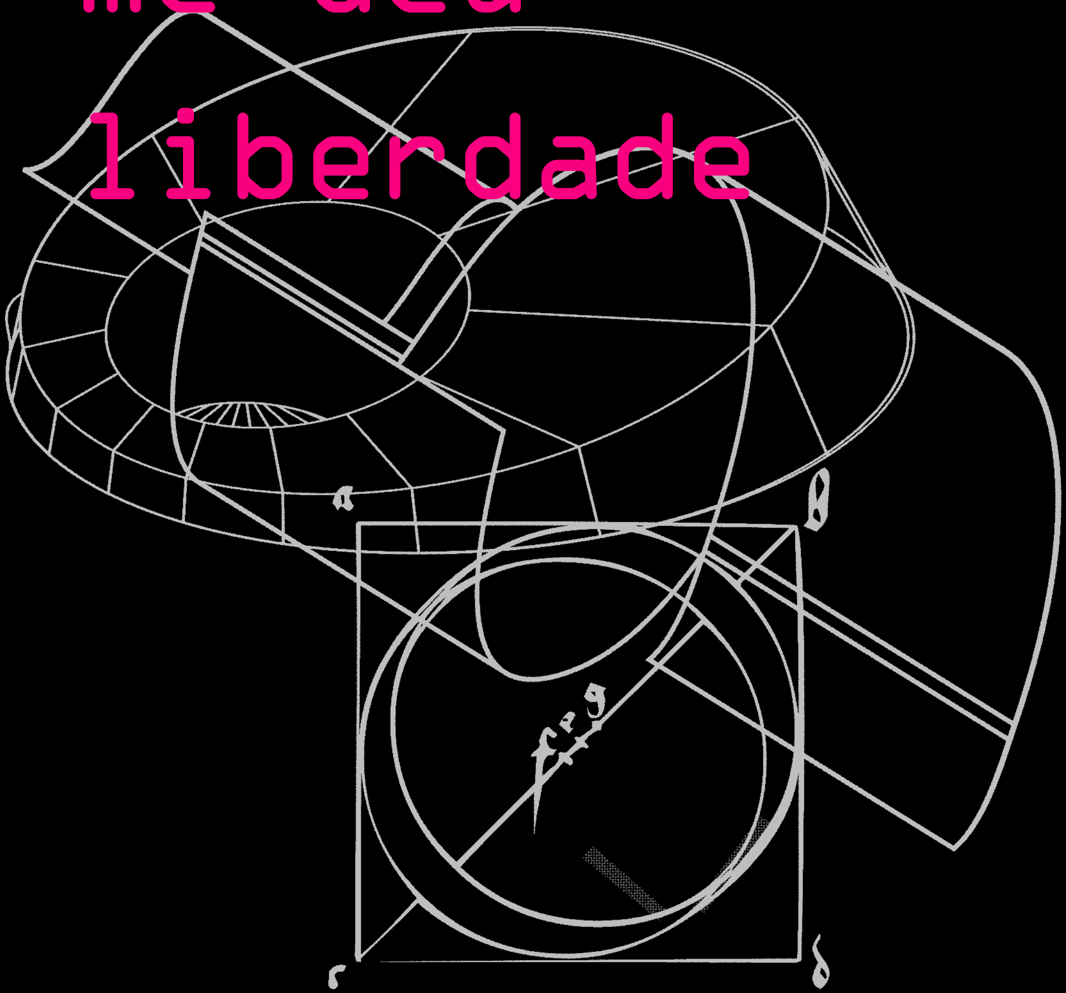
supercondutores a alta temperatura, multicamadas magnéticas, fulerenos, são alguns dos materiais estudados. No início, colaborei com meu orientador de doutorado, Professor Norah Cohan, mas desde 1985 alunos da pós-graduação da Universidade de Buenos Aires vêm fazer o seu trabalho de pesquisa comigo. Cada um deles estuda um sistema diferente, seja desenvolvendo seus próprios programas de computador, ou, mais recentemente, usando alguns programas padrões disponíveis. Eu me sinto muito orgulhosa porque todos eles são agora físicos ativos, seja na Argentina ou na Europa, e nós estamos muito próximos.

O ICTP teve um papel importante na minha vida científica, primeiramente como membro Associado e posteriormente como membro Sênior. Foi o lugar onde pude discutir minhas dificuldades com colegas mais experientes, um lugar onde eu percebi quais problemas seriam relevantes num futuro próximo e o que poderia ser de grande ajuda para guiar o trabalho dos meus alunos de pós-graduação. A capacidade do Professor Norman March para organizar o grupo de estado sólido, escutando pacientemente a cada um de nós quando apresentávamos nossos problemas físicos, deve certamente ser lembrada. O ICTP foi também o lugar para fazer amigos, e aprender as diferenças e similaridades dos problemas da nossa profissão em diferentes países. A generosidade é a qualidade que eu sempre admirei nas idéias originais do Professor Salam. O Centro nunca impôs atividade nenhuma aos seus membros, cada um fazia o que era capaz de fazer. Eu me lembro que no início algumas pessoas só xerocopiavam livros para as suas bibliotecas, mas após um certo tempo, realizaram interessantes trabalhos de pesquisa e posteriormente enviaram seus próprios alunos para o ICTP.

É realmente um prazer celebrar os 40 anos desta generosa instituição, ainda mais necessária agora do que quando foi fundada. A globalização só tem incrementado a separação entre lugares desenvolvidos e não-desenvolvidos, assim eu desejo sinceramente que o ICTP mantenha o espírito da sua fundação por muitos anos ainda.

Tradução Cesar Castromonte Flores

A pesquisa científica me deu liberdade



125

Frank Wilczek

Massachusetts Institute of Technology

Cambridge | MA | EUA

Os acontecimentos formativos que mais profundamente afetaram minha carreira científica precederam ao meu primeiro contato com a comunidade de pesquisa; na verdade, alguns deles precederam ao meu nascimento.

Meus avós emigraram da Europa quando ainda eram adolescentes, como conseqüência da Primeira Guerra Mundial. Do lado do meu pai vieram da Polônia, de um lugar perto de Varsóvia, enquanto que do lado da minha mãe, vieram da Itália, de perto de Nápoles. Meus avós chegaram aos Estados Unidos sem nada, sem nenhum conhecimento de inglês. Meus avôs eram carpinteiro e pedreiro, respectivamente. Meus pais nasceram em Long Island, ambos em 1926, e vivem lá desde então. Nasci em 1951 e cresci num lugar chamado Glen Oaks, que fica no canto no nordeste de Queens, quase no limite da cidade de Nova York.

Sempre gostei de todo tipo de quebra-cabeças, de jogos e de mistérios. Minhas memórias mais longínquas são sobre as questões nas quais "trabalhava" antes mesmo de ir para a escola. Quando estava aprendendo sobre o dinheiro, ficava um tempão inventando modos de intercambiar diferentes tipos de moeda (por exemplo, centavos, níquel e dimes) com complicadas formas de troco, esperando descobrir maneiras de estar à frente. Outro pro-

jeto era chegar a números grandes em poucas etapas. Gerando números grandes, eu me sentia poderoso.

Com essas inclinações, eu achava que poderia fazer algum trabalho intelectual sem nenhum problema. Algumas circunstâncias especiais me levaram à ciência e, eventualmente para a física teórica.

Meus pais eram crianças na época da Grande Depressão e suas famílias lutaram muito para sobreviver. Esta experiência marcou muitas de suas atitudes, especialmente suas aspirações sobre meu futuro. Eles investiram na minha educação e na segurança que minha habilidade técnica poderia trazer. Diante do meu bom rendimento na escola, fui encorajado a estudar para ser médico ou engenheiro. Quando eu estava crescendo meu pai, que trabalhava com eletrônica, tinha aulas noturnas. Nosso pequeno apartamento vivia cheio de rádios antigos e televisores de modelos primitivos, além dos livros nos quais estudava. Era o tempo da Guerra Fria. A exploração espacial era um panorama excitante e novo e a guerra nuclear, assustadora. Estes temas estavam sempre presentes nos jornais, na televisão e no cinema. Na escola, treinávamos para a eventualidade de um ataque aéreo. Tudo isso me marcou e impressionou muito. Eu tinha a idéia de que havia um conhecimento secreto que, quando dominado, permitiria que a Mente controlasse a Matéria de modo aparentemente mágico.

Outra coisa que marcou meu pensamento foi o treino religioso. Tive uma formação católica romana. Eu gostava da idéia de que existia um grande drama e um grande plano por trás de nossa existência. Mais tarde, sob a influência da obra de Bertrand Russel e o desenvolvimento da minha consciência científica, perdi a fé na religião convencional. Uma grande parte da minha busca recente foi feita para recuperar algum do senso de propósito que havia perdido.

Freqüentei escolas públicas no Queens e fui afortunado em ter excelentes professores. As escolas eram grandes e assim podiam ter classes avançadas e especializadas. No ensino médio, tínhamos um grupo de vinte estudantes que estudava junto e competia entre si. Pelo menos metade da turma foi bem sucedida em carreiras científicas ou médicas.

Fui para a Universidade de Chicago com grandes ambições, porém amorfas. Pensei em estudar neurociências, mas logo decidi que as ques-

tões centrais não estavam prontas para um tratamento matemático (e que não tinha a paciência para o trabalho em laboratório). Lia vorazmente sobre diversos temas, mas me graduei em matemática, em grande parte porque isto me daria maior liberdade. Durante meu último período em Chicago, fiz o curso sobre o uso de simetrias e teoria de grupos em física, do Peter Freund. Ele era um professor muito entusiasmado e inspirador e me fez sentir em ressonância com a matéria. Fui para a Universidade de Princeton, como um estudante de pós-graduação no departamento de Matemática, mas mantinha um olho no que acontecia na física. Tomei conhecimento de que as idéias profundas envolvendo simetrias matemáticas eram parte das fronteiras na física, especialmente as teorias de calibre para as interações eletrofracas e, as simetrias de escala em teorias de para transições de fase de Wilson. Comecei a conversar com um professor jovem, chamado David Gross, e assim foi que a minha carreira como físico começou.

O principal acontecimento no início de minha carreira foi descobrir a equação básica para a força forte, que é a força que mantém os núcleos atômicos juntos. Estas equações definem a teoria chamada CromoDinâmica Quântica ou QCD[1], que detectou a existência de novas partículas, glúons, que foram descobertos logo depois. As equações de QCD são baseadas sobre os princípios da simetria de calibre e as resolvemos usando simetrias de escala. É muito gratificante descobrir que as idéias que eu admirava como estudante podiam ser usadas para chegar a uma teoria poderosa e precisa para uma parte importante da física fundamental. Continuo a aplicar essas idéias em novos caminhos e eu tenho certeza de que elas terão um grande futuro.

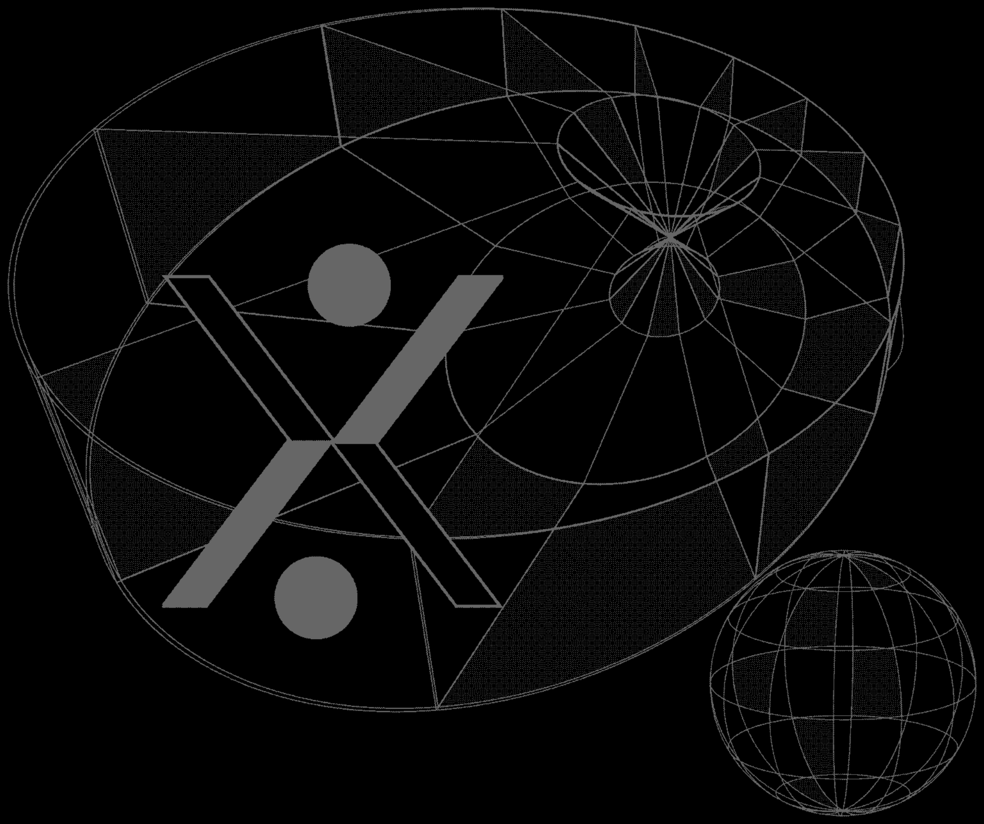
Recentemente descrevi alguns dos meus trabalhos mais importantes e para onde eles levam, de uma maneira curta e simples, num trabalho que pode ser encontrado em http://arxiv.org/hep-ph/0401034. Há bastante informação na minha página web:http://web.mit.edu/physics/facultyandstaff/ faculty/frank_wilczek.html

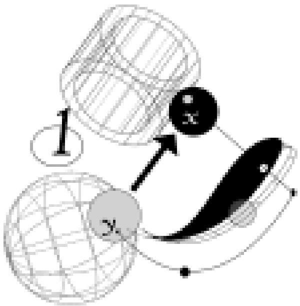
---

Tradução Zeila Virgínia Torres Santos

[1] QCD é a sigla em ingles, de Quantum CromoDynamics.

Olhando para o passado





129

Edward Witten

Instituto de Estudos Avançados

Princeton | NJ | EUA

Eu era fascinado por aritmética desde pequenininho. Um pouco mais tarde, me interessei por astronomia. Eu tinha cerca de sete anos quando o primeiro satélite foi lançado, o soviético Sputnik. Naqueles dias, todo mundo estava empolgado a respeito do espaço, e certamente eu também. Eu achava que seria um astrônomo quando crescesse. No entanto, eu me lembro nitidamente de ter medo de que na época em que me tornasse adulto, astrônomos tivessem que realizar seu trabalho no espaço. Eu não tinha certeza se seria seguro o suficiente. Olhando para trás, eu percebo que meus receios eram exagerados. Uns quarenta anos depois, satélites astronômicos possuem um papel importante na pesquisa científica, mas quase todos os astrônomos ainda fazem seu trabalho na segurança do solo.

Meus pais me deram um telescópio (refletor, de três polegadas) quando eu tinha nove anos. Uma vez, mas apenas uma, eu vi os anéis de Saturno através da lente. Olhando para o passado, fico intrigado por que, quando criança, achava difícil ver os anéis de Saturno pelo telescópio. Para mim, agora é fácil, mesmo com a poluição luminosa das áreas urbanas, Saturno é um objeto que, quando está alto no céu (e está por meses a cada ano), fica visível com facilidade.

Quando eu tinha onze anos, conheci o cálculo, que foi a coisa mais surpreendente de que já tinha ouvido falar, e por alguns anos pensei que me tornaria matemático. A filosofia corrente na época da minha infância era de que crianças não deveriam ser encorajadas a ir muito longe, e muito rápido, com seus estudos, e isso foi uns poucos anos antes de ter contato com matemáticas mais avançadas. O resultado disso foi que, por um bom tempo, eu pensava que a matemática consistia apenas de versões mais complicadas do que eu já sabia. Essa foi uma das razões que fizeram meu interesse pela matemática diminuir por um tempo.

No final das contas, houve muitas idas e vindas nos meus interesses. Quando eu era adolescente, eu pensei em seguir vários campos (incluindo história, no qual me formei, letras e economia) antes de decidir, aos vinte e um anos, me concentrar na física. Eu concluí que a física e a matemática eram os únicos campos em que eu tinha talento e que acharia suficientemente desafiadores.

Foi meio que por acidente que escolhi a física no lugar da matemática. Eu fui a uma biblioteca para escolher uns livros de física e matemática. Eu gostei mais dos livros de física. Analisando em retrospecto, hoje vejo que escolhi bem os livros de física enquanto que o mesmo não ocorreu com os livros de matemática.

Eu freqüentemente imagino o que teria acontecido se eu tivesse crescido em outras circunstâncias. É claro que eu tive sorte de ter excelentes oportunidades de estudar matemática e ciência, e aproveitei essas oportunidades, mesmo depois de vagar um pouco. Muitas pessoas no mundo não têm as mesmas oportunidades que tive. Mas eu dei sorte também devido ao fato de que o sistema educacional dos Estados Unidos é flexível o bastante, de forma que mesmo tendo decidido me tornar cientista aos vinte e um anos, ainda era possível fazê-lo. Em muitos países que oferecem oportunidades excelentes para matemática e educação científica, o sistema educacional é mais rígido e seria muito difícil decidir aos vinte e um anos seguir a carreira de físico, sem ter trilhado o caminho apropriado até então. Em contrapartida, talvez se eu tivesse crescido em um desses países, eu teria seguido o caminho da matemática e física desde o início, e não o caminho

ziguezagueado que segui na realidade.

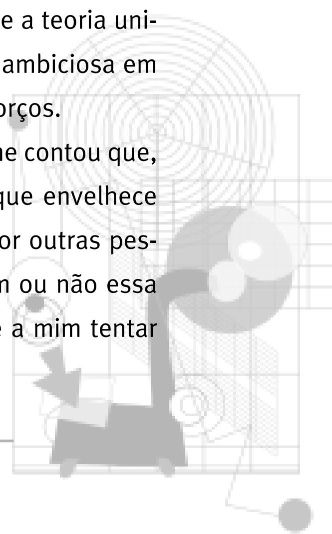
Eu comecei a minha graduação em Princeton, no outono de 1973, no programa de matemática aplicada, que era flexível o suficiente para me concentrar em qualquer área matemática ou científica. Resolvi estudar física de partículas e após um ano me transferi para o departamento de física. Era o período em que o Modelo Padrão de interações entre as partículas conhecidas estava surgindo. Eu não tinha estudo suficiente para entender o que estava acontecendo quando a ressonância J/È foi descoberta no outono de 1974. Esse foi um dos maiores marcos no estabelecimento do Modelo Padrão. Se o Modelo Padrão não tivesse surgido, eu acredito que teria me tornado um fenomenologista de partículas, tentando entender as pistas oferecidas por experimentos. Na verdade, foi assim que comecei: minha tese de doutorado era sobre questões como espalhamento inelástico fóton-fóton (que é medido na prática nas reações e+e– ’‡e+e– + hádrons).

Eu também, enquanto estudante, fiquei preocupado com um tipo diferente de pergunta que só poderia ser feita graças ao surgimento do Modelo Padrão. Essa questão era entender a cromodinâmica quântica (QCD) e explicar algumas de suas surpreendentes propriedades, como confinamento de quarks. Infelizmente, apesar dos resultados fascinantes já obtidos – e me diverti bastante com qualquer contribuição minha – esse problema continua muito difícil. Mas pensar sobre ele levou a muitas outras questões sobre o comportamento da teoria de calibre em geral, e eu gradualmente fui me interessando

por ela. A teoria de calibre mostrou ter muitas relações com geometria diferencial – pouco apreciada inicialmente por mim e outros físicos – e com o tempo também me interessei por essas questões, algumas aplicáveis na QCD e em outras áreas da física, e outras que possuem uma profundidade matemática surpreendente por mérito próprio. Um dos muitos momentos decisivos aqui ocorreu quando eu era pós-doutorando em Harvard, e Sidney Coleman me explicou o trabalho de Albert Schwarz que aplicava o teorema de índices de Atiyah-Singer (de que nenhum de nós tinha ouvido falar antes) para explicar as propriedades do operador de Dirac, que tinha sido importante no trabalho de Gerard 't Hooft sobre o problema de U(1) na QCD.

A primeira vez que ouvi falar sobre teoria de cordas também ocorreu devido aos meus interesses em QCD. David Gross, meu orientador, me recomendou no início de 1975 estudar o artigo de 't Hooft sobre expansão planar do diagrama de interações fortes. Em uma formulação moderna, 't Hooft sugeriu que a QCD com N cores é equivalente à teoria de cordas com constante de acoplamento 1/N. (As evidências acumuladas desde então nos indicam que essa idéia está no caminho certo, apesar de não ter sido desenvolvida apropriadamente). Isso despertou o meu interesse ainda não totalmente recompensado, pela expansão 1/N da teoria de calibre. Não despertou meu interesse pela teoria de cordas, pois na época eu comecei a trabalhar com a expansão 1/N sem conhecer muito sobre essa teoria. Mais tarde, quando John Schwarz e Michael Green reacenderam a teoria de cordas e obtiveram resultados espetaculares, ficou claro para mim que a teoria unificada de cordas e interações de partículas era a coisa mais ambiciosa em que poderia trabalhar e uma arena adequada para meus esforços.

Há uns vinte anos, um físico veterano que admiro muito me contou que, em sua avaliação, a chave para continuar ativo à medida que envelhece é não ficar acanhado em trabalhar com coisas inventadas por outras pessoas. Ele me deu diversos exemplos de físicos que seguiram ou não essa regra. Agora que estou nos meus cinqüenta, acho que cabe a mim tentar seguir o conselho de um amigo.



Tradução Rafael Serra Perez